UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Matemática e Informática

Curso de Licenciatura em

Ciências de Informação Geográfica

Proposta Metodológica Para Implantação De Rede Geodésica Municipal Integrando Imagens De Alta Resolução Espacial

Caso de estudo: Posto administrativo da Matola Sede

Autora: Nelma Romão Nhalungume

Maputo, Abril de 2025

UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Matemática e Informática

Curso de Licenciatura em

Ciências de Informação Geográficas

Proposta Metodológica Para Implantação De Rede Geodésica Municipal Integrando Imagens De Alta Resolução Espacial

Caso de estudo: Posto administrativo da Matola Sede

Autora: Nelma Romão Nhalungume

Supervisor: Lic. Mário Azarias Chelengo, UEM

Maputo, Abril de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, aos meus pais, que, sob muito sol, vendendo cimento e blocos, construíram o caminho que me trouxe até aqui, na sombra.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Nelma Romão Nhalungume**, Declaro por minha honra que o presente Trabalho de Licenciatura é resultado da minha investigação e que o processo foi concebido para ser submetido apenas para a obtenção do grau de Licenciatura em Ciências de Informação Geográfica, na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Abril de 2025

_____

(Nelma Romão Nhalungume)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro, agradeço a Deus, por ter me capacitado e sustentado, até chegar aqui!

Aos meus pais, **Romão Tomé Dos Santos** e **Florência Castelo Cuambe Dos Santos**, pelo apoio emocional, por nunca terem deixado que algo me faltasse para estudar, por sempre acreditarem e sempre verbalizar o quanto acreditam no meu potencial; Por estarem sempre presentes, em cada etapa da minha vida, mesmo com a difícil rotina de trabalho, e vibrarem comigo até nas pequenas conquistas.

Agradeço ao meu supervisor, Lic. Mário Azarias Chelengo, pelo acompanhamento e orientação.

Agradeço aos meus irmãos, Mércia Nhalungume, Manuel Nhalungume, Emídio Nhalungume, Stela Nhalungume e Keyla Nhalungume, a minha tia Olinda Castelo Cuambe e em especial aos meus queridos sobrinhos, Raianny Mazive, Yunny Mazive, Elayne Nhalungume e Ethan Nhalungume, por todo apoio emocional e a minha melhor amiga, Rahema Goenha.

Agradeço a minha amiga e colega, Diana Paulo Sozinho, por ter me acolhido nesta longa jornada e estar ao meu lado sempre que precisasse, para partilhar ideias, conhecimento e muitos risos.

O meu Muito Obrigada!

RESUMO

A base cartográfica cadastral da maioria das cidades Moçambicanas, é deficiente em vários aspectos, como a falta de actualização e inexistência de rede geodésica de referência. O posto administrativo da Matola sede, localizado na cidade da Matola, se enquadra nesse padrão, no qual, os levantamentos topográficos são referenciados em pontos arbitrários, que não pertencem a um sistema unânime e convencional, de referência. Por essa deficiência e necessidade, o objectivo deste trabalho, é propor uma metodologia que integre imagens de alta resolução espacial e Técnicas de posicionamento por satélite, para optimizar o processo de implantação de rede geodésica cadastral para o Posto administrativo da Matola Sede, focando-se na fase de planeamento, onde foi definida a quantidade e localização dos vértices, através da análise de adequabilidade, baseada no geoprocessameto e na norma técnica NBR 14.166, visado garantir a estabilidade, acessibilidade e intervisibilidade doas vértices. Para o efeito, foram utilizados dados sobre Vias de acesso, equipamentos sociais e infraestruturas, Tipos de solo, Cursos de água e sore o Uso e cobertura do solo. Com os resultados obtidos, foi definida a Configuração geométrica de Rede Geodésica, composta por 18 vértices, com comprimento dos lados entre 1 a 5km, a serem rastreados pela técnica de posicionamento Relativo Estático, devendo ser realizado, posteriormente, o ajustamento das Observações. Esta abordagem tornar-se-á em um instrumento de apoio aos Municípios na identificação dos procedimentos técnicos e metodológicos para a implantação da rede geodésica municipal, para melhor gestão territorial.

Palavras-chave: Base cartográfica cadastral, rede geodésica, Posicionamento por satélite.

Abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTER	*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.*
CENACARTA	Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção.
DGNSS	*Differential Global Navigation Satellite System*
GDEM	*Global Digital Elevation Model.*
GLONASS	*Global Navigation Satellite System*
GNSS	Sistemas Globais de Navegação por Satélite
GPS	*Global Positioning System.*
km^2	Quilômetro quadrado
MDE	Modelo Digital de Elevação
MHz	*Mega Hurtz*
MGM	Missão Geográfica de Moçambique
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PAMS	Posto Administrativo da Matola Sede
RG	Rede Geodésica
SQL	*Structured Query Language*
UHF	*Ultra High Frequency*
SRTM	*Shuttle Radar Topography Mission*
UTM	*Universal Transverse Mercator*
WGS	*World Geodetic System*

Índice

DEDICATÓRIA i

DECLARAÇÃO DE HONRA ii

AGRADECIMENTOS iii

RESUMO iv

Abreviaturas v

Lista de Figuras ix

Lista de Tabelas x

INTRODUÇÃO 1

1.1. Contextualização 1

1.2. Problema de pesquisa 2

1.3. Justificativa 3

1.4. Relevância 3

1.5. Objectivos 4

1.5.1. Objectivo geral 4

1.5.2. Objectivos específicos 4

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

2.1. Área de Estudo 5

2.1.1. Caracterização Geral 5

2.2. Redes geodésicas 7

2.2.1. Classificação das Redes Geodésicas 8

2.3. Projecto de Redes Geodésicas 10

2.2.1 Especificações Técnicas para Planeamento da Localização e distribuição dos vértices de Redes geodésicas 11

2.2.2. Levantamento das coordenadas dos Vértices em campo 12

2.2.2.1. O papel dos GNSS no estabelecimento de Redes Geodésicas 12

2.2.2.1.1. DOP 15

2.2.3. Contributo das Imagens Satélite de Alta resolução espacial em Projectos de RG . 16

2.2.3.1. SAS Planet 17
2.2.4. Análise vectorial em Sistemas de Informação Geográfica 17
2.2.4.1. Análise de proximidade 17
2.2.4.2. Análise de Sobreposição 17
2.2.5. Seleção 18
2.3. Normalização de critérios 18
2.5.1. Álgebra boleana 19
2.3 Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de apoio á localização de Infraestruturas 19
MATERIAL E MÉTODOS 21
3.1. Material 21
3.2. Metodologia 22
3.2.1. Procedimentos metodológico 22
3.3 Pré-processamento dos dados 23
3.3.2. Geração do Mosaico 24
RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
4.1. Especificações sobre a acessibilidade 29
4.1.1. Modelação da acessibilidade em função das vias de acesso 29
4.2. Especificações sobre estabilidade 31
4.2.1. Modelação da estabilidade em função dos tipos de solo 31
4.2.2. Modelação da estabilidade em função dos cursos de água 32
4.3. Especificações sobre a intervisibilidade 33
4.3.1. Modelação da intervisibilidade em função do relevo 33
4.3.2. Modelação da Intervisibilidade em função do Uso e Cobertura do Solo 35
4.4. Adequabilidade para Implantação da Rede Geodésica 37
4.5. Geometria proposta para a implantação da RG o P.A Matola Sede 38
4.5.1. Representação dos Vértices em Imagens satélite de alta resolução espacial 40
4.6. Proposta para o levantamento das coordenadas dos vértices da Rede Geodésica ... 44

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

Apêndice I: RMS da Correção Geométrica 53

Apêndice II: Custos para Locação do Receptor Topcon Hiper 2 53

ANEXOS 54

ANEXO I: Formato e Dimensões dos marcos 54

ANEXO II: Plataforma Adicional de Proteção 54

ANEXO III: Construção e Implantação dos Marcos 56

Lista de Figuras

Figura 1:Mapa de localização Geográfica do PAMS..... 6
Figura 2: Receptor em posicionamento absoluto (Fonte: Luz, 2019). 13
Figura 3:Receptores em posicionamento relativo (Fonte: INCRA 2013). 14
Figura 4: Ferramenta de buffer 17
Figura 5: Ferramenta de interseção 17
Figura 6: Ferramenta de União 18
Figura 7: Ferramenta de diferença 18
Figura 8: Fluxo de processos para extração de Cursos de água 27
Figura 9: Fluxograma metodológico 28
Figura 10: Modelação da acessibilidade em função das vias de acesso 29
Figura 11: Modelação da acessibilidade em função das infraestruturas 30
Figura 12: Tipos de solos 31
Figura 13: Classificação das distâncias dos eixos principais dos cursos de água 32
Figura 14: Modelação da estabilidade em função dos cursos de água..... 33
Figura 15: Classificação do Relevo 34
Figura 16: Reclassificação do relevo..... 35
Figura 17:Classes de uso e cobertura do solo 36
Figura 18: Reclassificação do uso e cobertura do solo 37
Figura 19: Adequabilidade para Implantação da Rede Geodésica..... 38
Figura 20: Geometria proposta para a implantação da RG o P.A Matola Sede 39
Figura 21: Espacialização dos marcos da rede..... 40
Figura 22: Marco M1, M2, M3,M4, M5,M6 41
Figura 23: Marcos M7, M8. M9, M10, M11, M12..... 42
Figura 24: Marcos M13, M14, M15, M16, M17, M18 43
Figura 25: Vértices Base da Rede de Base..... 44
Figura 26: Receptor GNSS TOPCON Hiper 2 47
Figura 27: Legenda da interface do usuário do receptor GNSS TOPCON Hiper 2..... 47

Lista de Tabelas

Tabela 1: Estimativa de precisão para o posicionamento relativo com o GNSS (Fonte: IBGE 2017). 14
Tabela 2: Interpretação do valor do DOP (Fonte Silveira 2009)..... 15
Tabela 3: Descrição dos dados..... 21
Tabela 4: Descrição dos materiais utilizados..... 21
Tabela 5: Classificação da adequabilidade em função das vias de acesso 30
Tabela 6: Classificação da acessibilidade em função das infraestruturas 30
Tabela 7: Classificação de estabilidade em função da pedologia..... 32
Tabela 8: Classificação das distâncias dos eixos principais dos cursos de água (onte: adaptado de Cabral (2012))..... 32
Tabela 9: Classificação do Relevo Fonte Adaptado de EMBRAPA (1979)..... 34
Tabela 10: Reclassificação das Classes de Uso e Cobertura do solo (Fonte: Adaptado de Collischonn (2013))..... 36
Tabela 11: Localização relativa e absoluta dos vértices..... 41
Tabela 12: Localização relativa e absoluta dos vértices M7 à M12..... 42
Tabela 13: Localização relativa e absoluta dos vértices M12 à M18..... 43
Tabela 14: Ficha técnica do receptor TOPCON Hiper 2 (Fonte: TOPCON (2024)) 48

1

INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objectivo apresentar o cotexto da pesquisa, a problematização, justificativa, relevância e os objectivo da pesquisa.

1.1. Contextualização

A nível do território Moçambicano, as metodologias para a implantação de infra-estruturas geodésicas ainda estão num estágio embrionário. Essa infra-estrutura geodésica, é composta principalmente pelas Redes Geodésicas (RG). As redes geodésicas são a estrutura que permite uniformizar todo o tipo de informação que precisa ser associada a um conjunto de coordenadas que identifique a sua posição no terreno. O seu estabelecimento, manutenção, adensamento e actualização são tarefas fundamentais para qualquer projecto, em todos os domínios que requeiram georreferenciação (Santos, 2012).

A implantação de RG, conforme faz referência Amaral (2019), decorre de uma sequência de actividades, entre elas as actividades de campo e as actividades de gabinete, que contemplam a realização da planificação, implantação, medições e culminando com a documentação dos vértices, através dos memoriais descritivos para cada marco implantado. A implantação e manutenção de uma RG é imprescindível para o desenvolvimento do Estado e Município, uma vez que garante a conformidade dos limites territoriais, mas também auxilia nos levantamentos geodésicos, servindo de referência para obras de engenharia, planeamento urbano, actualização da base cadastral, e outras actividades, demonstrando deste modo ser de crucial importância para o desenvolvimento económico (Rosa, 2017).

Geralmente, as RG são concebidas em dimensão geométrica proporcional à dimensão de municípios ou à extensas regiões, tendo-se em vista, atender preocupações em um território restrito (Luz 2019). Independentemente da dimensão das RG, elas podem ser implantadas por meio de técnicas espaciais (uso de satélites artificiais), ou com o emprego de técnicas clássicas, através da triangulação topográfica ou geodésica. Nas técnicas espaciais, tem sido cada vez maior o interesse pelo uso dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) conforme fez referência Filho (2018), principalmente pelo facto de os trabalhos geodésicos serem realizados em menos tempo, uma vez que os procedimentos de campo, são mais rápidos, precisos e mais acessíveis economicamente (Oliveira e Statella, 2017). Para além disso, as tecnologias de GNSS, em relação aos métodos de levantamento convencionais (as triangulações e poligonações geométricas), é o facto de não necessitar da inter-

visibilidade entre as estações (vértices da rede geodésica), e pode ser usado sob quaisquer condições climáticas.

Diante do exposto, este trabalho visa propor um procedimento metodológico para implantação de uma Rede Geodésica tendo como estudo de caso o Posto Administrativo da Matola Sede. A base para o estabelecimento da Rede Geodésica é o geoprocessamento e o uso de imagens de satélite gratuitas de alta resolução espacial, para a identificação da melhor configuração geométrica, para apoiar os levantamentos geodésico plano-altimétricos. Pretende-se que a metodologia proposta sirva de instrumento de apoio para a realização de trabalhos futuros a nível municipal e nacional.

1.2. Problema de pesquisa

A Rede Geodésica é essencial para apoiar as actividades que são realizadas a nível dos Municípios, especificamente na Vereação de Planeamento Territorial e Cadastro, para o caso do Município da Cidade da Matola, entidade responsável pelas actividades de planeamento, ordenamento do território e cadastro. Esta vereação, não contém uma estrutura metodológica específica que apoia o processo de implantação de um referencial geodésico Municipal, integrado e actualizado, ao qual estejam referenciados todos os levantamentos topo-geodésicos e cadastrais realizados na área Municipal.

De facto, o que se constata é que, os levantamentos topo-geodésicos são realizados tendo em consideração pontos arbitrários fixos no terreno (como são os casos de coordenadas de vértices de parcelas regularizadas, vértices de edifícios históricos, e mais), em função da sua visibilidade em imagens de alta resolução, que não estão associadas a um sistema geodésico de referência Municipal.

A inexistência de uma metodologia de base e consensual, para a realização dos levantamentos topo-geodésicos assim como a inexistência de uma Rede Geodésica actualizada no Município da Cidade da Matola, especificamente no Posto Administrativo da Matola Sede pode resultar em inconsistências na cartografia e no referencial plano-altimétrico dos projectos de ordenamento territorial e de engenharia devido à falta de uma vinculação geo-espacial unânime e integrada.

Deste modo, surgem a seguintes perguntas de pesquisa:

1. **Como determinar o local ideal para a implantação dos vértices da Rede Geodésica Municipal, utilizando imagens de alta resolução espacial e técnicas de geo-processamento?**
2. **De que forma a combinação de imagens de alta resolução espacial e técnicas de geo-processamento pode optimizar o planeamento da Rede Geodésica Municipal?**

1.3. Justificativa

O Município da Cidade da Matola, assim como grande parte dos municípios em Moçambique, não possui uma Rede Geodésica implantada. Mas, mais ainda, os métodos adoptados para a realização dos levantamentos topo-geodésicos, são na sua maioria não padronizados. Ainda assim, a principal Rede Geodésica de cobertura nacional, tem os seus vértices a distâncias entre os 15 a 30 km ou mais, conforme faz referência o Santos (2012), tornando-se cada vez mais necessário a implantação de vértices com distâncias mais curtas e com maior densidade de pontos.

Aliado a isso, revela-se importante a criação de uma metodologia de base que possa apresentar os procedimentos e os dados necessários para a identificação de locais mais apropriados para o efeito. Neste sentido, o geo-processamento, realizado através do Sistemas de Informação Geográfica, desempenha um papel relevante.

Assim, esta abordagem, permitirá identificar os procedimentos para planeamento e materialização de vértices de referência, para melhor gestão territorial e prover a unicidade da base cartográfica municipal, facilitando assim, a sua actualização.

Portanto, a identificação dos melhores locais para a implantação da Rede Geodésica e a definição de uma metodologia baseada em geo-processamento para o efeito, tendo o Posto Administrativo da Matola-Sede como área de estudo, justifica-se pela necessidade e carência, em termos metodológicos e geodésicos.

1.4. Relevância

A implantação de Redes geodésicas, reveste-se de grade importância, para garantir a unicidade e integração do referencial geodésico municipal. Desta feita, a realização desta pesquisa torna-se relevante, pois visa propor uma base técnica e metodológica, baseada no geoprocessamento, que permita normalizar e estruturar o processo de planeamento e implantação de Redes Geodésicas Municipais, sustentada aos avanços tecnológicos, que permitem realizar levantamentos rápidos, eficientes e precisos, através da aplicação de técnicas de posicionamento terrestre, por satélite. Sendo assim, tornar-se-á em um instrumento de apoio aos Municípios na identificação dos procedimentos técnicos e metodológicos para a implantação da rede geodésica municipal, aplicando técnicas e metodologias optimizadas. Do ponto de vista académico, a elaboração deste trabalho, servirá como referência para futuras investigações na área das geociências, que visam desenvolver metodologias que optimizem a colecta, processamento e análise de dados geoespaciais para a implantação de redes geodésicas.

Uma vez materializados os vértices que formam a rede de referência, esta será utilizada para georreferenciar os levantamentos, o que serve para manter a unidade da base cartográfica de um

município, em um mesmo sistema de referência, contribuído para a redução de conflitos de terra e dinamização do processo de cadastro e legalização de terras.

1.5. Objectivos

Aqui são apresentados os objectivos da pesquisa:

1.5.1. Objectivo geral

O objectivo geral deste trabalho é propor um procedimento metodológico que integre imagens de alta resolução espacial gratuitas e Técnicas de posicionamento por satélite, para optimizar o processo de implantação de rede geodésica Municipal para o Posto administrativo da Matola Sede.

1.5.2. Objectivos específicos

- Analisar as principais variáveis que influenciam no processo de planeamento, materialização e medição de redes geodésicas Municipais;
- Aplicar técnicas de análise espacial para identificar os melhores locais para implantação dos vértices da rede geodésica municipal, de acordo com as características físico-naturais e organização da malha urbana;
- Desenvolver proposta para o levantamento das coordenadas dos vértices da Rede Geodésica, baseado em técnicas de posicionamento por satélite.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta secção apresenta a Localização geográfica da área de estudo e os fundamentos das principais técnicas e processos compreendidos na realização desta pesquisa.

2.1. Área de Estudo

O Posto Administrativo da Matola Sede (PAMS) localiza-se a província de Maputo, a Sul do Município da Matola, aproximadamente entre as latitudes 25º 54' S e 25º 58' S e Longitudes 32º 24' E e 32º 30' E, e é limitado a Norte pelo Posto administrativo de Infulene, a Sul pela Cidade de Maputo, a Este pelo Canal de Moçambique e a Oeste pelo Distrito de Boane.

O PAMS é caracterizado por ser uma região planáltica, que se mantem acima dos 40m de altitude, atravessada pelo rio Matola, que irriga e fertiliza as margens onde é praticada a actividade agrícola. Possui uma área aproximada de 60.96 $km^{2,}$ subdividida em 13 bairros a indicar: Matola A, Matola B, Matola C, Matola D, Matola F, Matola G, Matola H, Matola J, Fomento, Liberdade, Mussumbuluco, Malhampsene e Sikwama, todos com caraterísticas urbanas e sendo o núcleo do surgimento da Cidade, onde estão instalados os serviços públicos (Miquidade, 2018).

2.1.1. Caracterização Geral

Vários complexos morfológicos estão incluídos na área do Município desde o vale de Infulene (Rio Mulaúze) a Leste até ao rio Matola a Oeste. A região da Baia, onde se situa o PAMS, está caracterizada por uma vasta área de planície que se mantém acima dos 40m de altitude (vide a figura 1).

No posto administrativo da Matola sede, todos os bairros apresentam residências unifamiliares, com tipologia media-alta, vias de acesso são largas e de asfalto, onde destaca-se o bairro Matola A, que é caracterizado por ser uma zona administrativa, devido a concertação de infraestruturas públicas, como o Conselho Municipal da Cidade da Matola. O sector de educação dispõe de duas escolas do Ensino secundário, e três de formação técnico profissional. Para além das infraestruturas públicas, existem também, áreas industriais, portuárias e armazéns que localizam-se ao longo das principais vias de acesso, nomeadamente a Estrada Nacional número 2 (EN2), a EN4, e a linha férrea que atravessa o PAMS, passando pelos bairros de Malhampsene e Sikwama em direção a cidade de Maputo.

A cobertura vegetal nativa encontra-se fortemente modificada, e é caracterizada pela arborização natural, que desempenha um papel importante na estruturação da paisagem, e proteção ambiental. A área ocupada por zonas com esta caraterística, é de pequenas dimensões e localiza-se ao longo do Rio Matola.

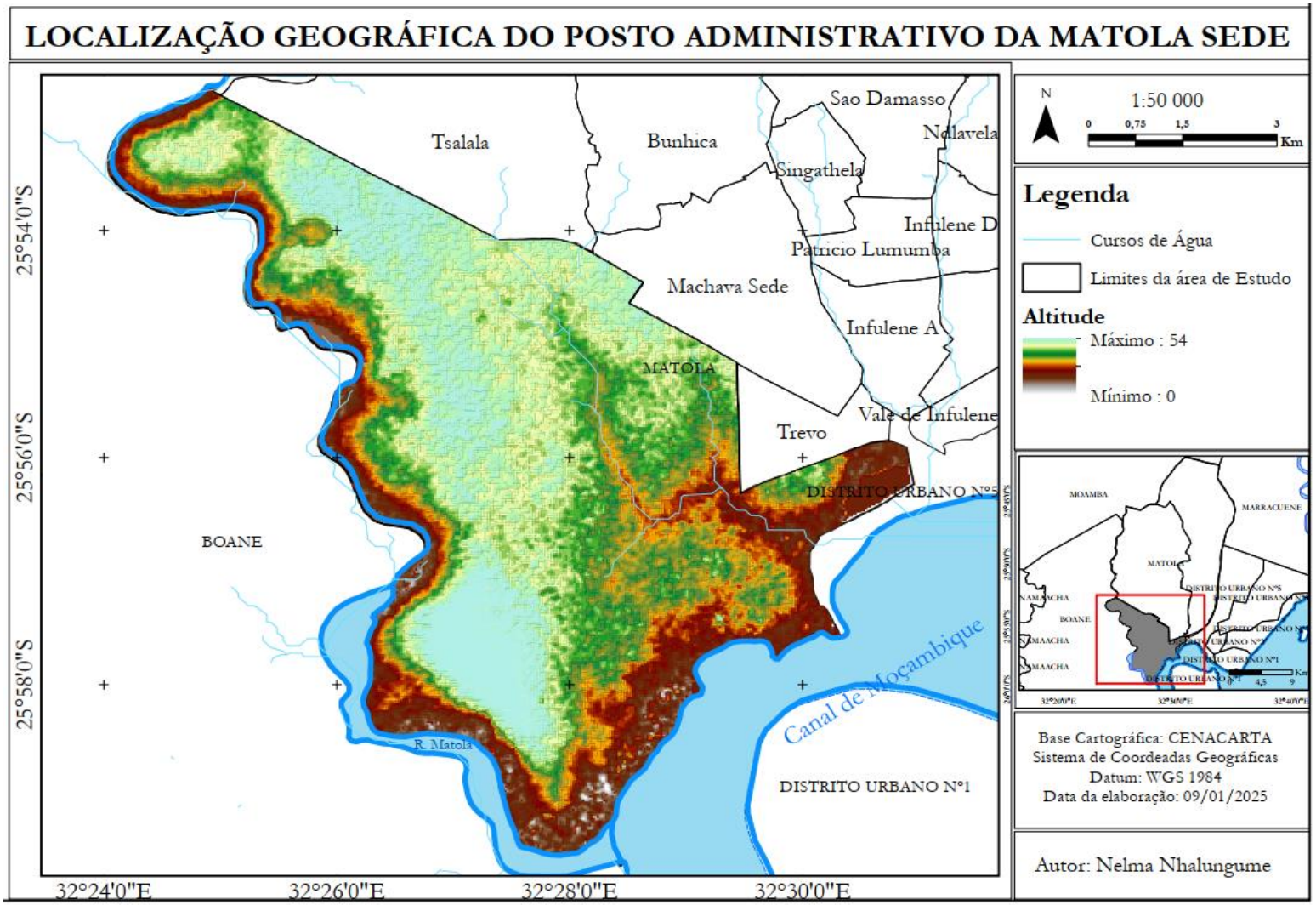


Figura 1: Mapa de localização Geográfica do PAMS

2.2. Redes geodésicas

Uma Rede Geodésica (RG) equivale a um conjunto de pontos, que são materializados no terreno, cujas coordenadas em relação a um referencial são estimadas por meio de observações (Klein et al., 2011). Em outra abordagem, sobre ajustamento de Observações Klein (2014) define RG como um conjunto de pontos devidamente materializados no terreno, cujas coordenadas (posições) em relação a um referencial são estimadas por meio de observações terrestres como medidas de ângulos e distâncias entre os vértices, e/ou por meio de técnicas espaciais como os métodos de posicionamento por GNSS. Segundo Larocca (2000) citado por Amaral (2019), as redes geodésicas podem ser expostas como um objecto geométrico onde seus vértices são determinados por suas coordenadas, e estas são obtidas através da observação de seus inúmeros pontos.

A rede geodésica Municipal é concebida de forma a servir de referência a todos os levantamentos topográficos e cadastrais realizados no município, como também para manter actualizada a base cartográfica e cadastral, em um único sistema de referência. Com isto, a materialização de um conjunto maior de pontos no campo, com uma boa distribuição e com uma precisão aceitável das coordenadas para cada fim, trará como consequência praticidade e a confiabilidade de um sistema de referência (Filho, 2018). O estabelecimento, manutenção, adensamento e actualização de redes geodésicas, são tarefas fundamentais para qualquer projecto de desenvolvimento urbano, como, por exemplo, cadastro de propriedades, saneamento básico, exploração e gestão de recursos naturais, ordenamento do território, vias de comunicação, barragens, pontes, proteção civil, bem como para o desenvolvimento estudos e conhecimento do território, visto que, este processo passa, necessariamente, pela existência e disponibilidade de informação georreferenciada, que deve ser actual, completa e adequada às necessidades económicas e sociais (Santos, 2012).

A nível Nacional, as operações geodésicas com vista à cobertura trigonométrica regular e de cadastro, foram inicialmente concretizadas pela Missão Geodésica da África Oriental, chefiada por Gago Coutinho, e mais tarde, os seus trabalhos foram continuados pela Missão Geográfica de Moçambique (MGM) criada em 1932, tendo sido mantida 1973. Esta missão estabeleceu uma estrutura geodésica, que apoia a cartografia existente, constituída por uma rede de triangulação com cerca de 900 vértices, 16 bases e 16 estações de Laplace, uma rede de nivelamento geométrico com cerca de 6000 marcas e uma rede gravimétrica com mais de 1300 pontos. Em sequência dos trabalhos realizados pela MGM foi estabelecido em 1991, um Protocolo de Cooperação entre Portugal e Moçambique, com vista a revisão e ajustamento da rede geodésica de Moçambique, incluindo a reconstrução de marcos, a observação de novas cadeias da rede ou a eventual reobservação das já existentes, com a utilização de aparelhagem tradicional e o emprego de GNSS e o respectivo cálculo científico; No âmbito do protocolo luso-

moçambicano, os trabalhos de campo para a revisão decorreram de 21 de Outubro a 10 de Novembro de 2000, para o qual forram corrigidas as estações que formam a rede de primeira ordem (Santos, 2012).

A conversão dos dados, que apoiam a cartografia existente, nos referenciais actualmente em uso, depende essencialmente da reobservação de alguns vértices das redes então estabelecidas, recorrendo à tecnologia de satélites. A rede GPS, Moznet, foi observada em 1995 e 1996 e é constituída por uma rede fundamental com oito estações absolutas e 237 estações relativas, desta feita, Moçambique dispõe de uma rede GPS, constituída por 245 estações (Santos, 2012).

2.2.1. Classificação das Redes Geodésicas

As redes Geodésicas podem ser classificadas quanto a ordem, as coordenadas dos vértices e ao tipo de rastreio. Amaral (2019) apresenta quatro ordens de classificação das redes geodésicas, referentes as distâncias entre os vectores que interligam os vértices, onde, segundo Resende (2017), citado por Amaral (2019), a escolha destes pontos deve seguir os critérios de abrangência pré-estabelecida, possibilidade de medições abundantes, possibilidade de ligação com pontos visíveis próximos e a possibilidade da simples ligação e amarração entre medições; Tais classificações são:

- Rede de primeira ordem – vectores de 20 km ou mais;
- Rede de segunda ordem – vectores entre 10 e 20 km;
- Rede de terceira ordem – vectores de 5 a 10 km;
- Rede de quarta ordem – vectores de 1 a 5 km.

A classificação apresentada por Filho (2019), apresenta outra nomenclatura, que se opõe, de forma implícita, a classificação clássica, e traz uma nova classificação as redes geodésicas, dividindo-se em três classes:

- **Redes Geodésicas de Alta Precisão**- apresentam precisão alta, (em ordem de mm) e são fundamentais para o estabelecimento de pontos primários para suporte dos trabalhos geodésicos de menor precisão e às aplicações em Cartografia;
- **Redes Geodésicas de Precisão** – emparelham-se ao nível de desenvolvimento socioeconómico. Quanto mais valorizado o solo na região, mais precisos deverão ser;
- **Rede Geodésicas para fins Topográficos** de características locais, Atendem os levantamentos no horizonte topográfico; correspondem aos critérios em que a exatidão se sobrepõe as simplificações Impostas para a superfície da Terra.

Em relação as componentes das coordenadas dos vértices, Amaral (2019) apresentadas as seguintes classificações:

Geodésicas Verticais (altimétricas)

Estas redes podem ser estabelecidas através de técnicas de nivelamento geométrico e sua materialização feita a partir de marcos de concreto ou chapas metálicas fixadas em um ambiente estável. As redes verticais são constituídas por pontos que possuem, exclusivamente, sua coordenada altimétrica (H), referente a sua altitude ortométrica. Sendo evidente que algumas redes podem possuir coordenadas planimétricas com uma precisão inferior à das redes horizontais.

Redes geodésicas horizontais (Planimétrica)

Estas redes constituem-se de pontos cujas coordenadas bidimensionais são tomadas em relação a um sistema de referência, onde sua altitude ortométrica tem seu valor dado de maneira aproximada. São definidas por um conjunto de marcos com coordenadas planimétricas, latitude e longitude, de alta precisão; **Redes Gravimétricas** que são um conjunto de estações geodésicas que fornecem informações sobre a aceleração da gravidade e contribuem para a criação do modelo geoidal (Silva et al., 2008).

Em termos do tipo de rastreio, as RG podem ser classificadas em:

Redes geodésicas passivas

O carácter passivo desta rede é dado pela não continuidade de rastreios dos seus vértices constituintes, onde a observação dos mesmos só é necessária quando houver necessidade de reocupação dos pontos de interesse. É composta por pontos geodésicos tradicionais, que não fornecem dados em tempo real, marcados fisicamente no terreno, podendo ser marcos de concreto, estacas ou placas metálicas (Filho, 2018).

Redes geodésicas activas

Segundo o IBGE (2018) são um "conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS de alto desempenho, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas". Com o advento da tecnologia de posicionamento e a utilidade das técnicas de rastreio via GNSS, foi possível a instituição de redes rastreadores de dados por plataformas orbitais (satélites) que realizam a colecta em tempo real e sem interrupções, essa configuração da continuidade de aquisição, define o carácter activo da rede (Rosa, 2017).

2.3. Projecto de Redes Geodésicas

A implantação de redes geodésicas, de acordo com Rocha e Weshenfelder (2015), citado por Amaral (2019), se dá com a realização das seguintes etapas: Planeamento, onde é definida a precisão e a posição dos vértices que irão compor a rede. Materialização, onde é determinado o tipo de marcos a serem implantados; Medição, onde é determinado a técnica para a obtenção dos dados da rede, e a documentação onde são elaborados os memoriais descritivos para cada marco implantado.

Klein (2014), citado por Luz (2019), por sua vez, apresenta outras etapas essenciais para o projecto de rede geodésica, que são

1) **Planeamento da rede** – É a etapa inicial do projecto, na qual se adquire as informações mais relevantes para a concepção da rede geodésica, como, as normas que norteiam a execução do levantamento com GNSS conforme a finalidade específica. O reconhecimento do terreno e das estações próximas ao local de trabalho para o apoio geodésico, bem como o uso de imagens da região por meio de fotos aéreas, do *Google Earth*, entre outros, fazem parte também desta etapa;
2) **Implantação dos marcos geodésicos no terreno** – É a etapa de materialização da rede, conforme o tipo de marco adequado para finalidade a qual a rede se destina, para fins de monitoramento de estruturas, por exemplo, os marcos geralmente são construídos com dispositivo de centragem forçada;
3) **Colecta de dados (observações em campo)** – Consiste na realização das medições, em campo, quer por técnicas da topografia tradicional, ou com utilização de um método de posicionamento com GNSS, neste caso, o posicionamento relativo estático que é o mais recomendado (vide o subcapítulo 2.2.2.1.) ;
4) **Ajustamento das observações** – Para estimar as coordenadas de cada marco e suas respectivas precisões;
5) **Controle de qualidade** – Refere-se a etapa de detecção e identificação de possíveis erros associado ao processo do ajustamento;
6) **Divulgação dos resultados** – Os resultados obtidos, ou seja, as coordenadas finais de cada vértice da rede devem ser divulgadas aos principais interessados que utilizarão estes dados conforme suas necessidades. A monografia, documento que contém as informações posicionais de um marco são um meio de divulgação.

2.2.1 Especificações Técnicas para Planeamento da Localização e distribuição dos vértices de Redes geodésicas

A Norma 14166, definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com relação a Redes de Referência Municipal, no número 5.2, em requisitos gerais, recomenda que:

1. Os marcos geodésicos de apoio imediato devem ser localizados preferencialmente no cume das elevações e nos altos dos edifícios de grande porte e, se possível, em propriedades públicas, em uma densidade aproximada de um para cada 3 km^2 nas áreas urbanizadas e, nas áreas rurais, de um para cada 16 km^2 a 50 km^2, na dependência da densidade demográfica de interferências e do uso e ocupação do solo.
2. Os marcos geodésicos de apoio imediato e os pontos topográficos devem estar situados de modo a permitir intervisibilidade com os pontos contíguos, no mínimo dois a dois, em lugares favoráveis à sua identificação;
3. Caso haja carência de apoio geodésico deve-se realizar um estudo técnico, devendo-se elaborar um memorial descritivo e justificativo da metodologia adotada, considerando-se factores tais como
   - Densidade de marcos;
   - Uso e ocupação do solo; e
   - Desenvolvimento econômico da região
4. A implantação dos marcos geodésicos, de controle ou de apoio imediato, deve ser feita em locais com a protecção adequada, tais como:

   Próprios do estado, campus de universidades, escolas etc., com monumentação estável e visibilidade para aplicação de metodologia clássica, evitando-se também locais onde haja a possibilidade de implantação de obras futuras que possam vir a prejudicar a estabilidade do marco e sua utilização;

Para caso de uma rede geodésica municipal é aconselhável que os vértices sejam posicionados de forma que possam ser utilizados tanto pelos métodos de topografia clássica quanto pelos métodos de rastreamento de satélite, isto é, vértices interviríeis ou com mira de azimute, visada total do horizonte local acima de 15^{o} de elevação, para garantir a intervisibilidade entre os vértices e distante de fontes eletromagnéticas e superfícies planas como lagos e barragens. Para além da intervisibilidade, é necessário garantir a acessibilidade dos vértices, tal acessibilidade pode ser definida como de fundamental importância, pois muitos usuários optam em utilizar somente vértices de acesso fácil; A acessibilidade difícil geralmente restringe a utilização do vértice, pois os riscos, o número de pessoas e equipamentos envolvidos, a mobilização e desmobilização tornam o vértice não interessante do ponto de vista operacional, Agostinho (2007).

Como exemplo de acessibilidade difícil pode-se citar a implantação de vértices no topo de tanques de água e edifícios, onde se faz necessário a utilização de no mínimo duas pessoas para o transporte e instalação dos instrumentos, além da utilização obrigatória de cintos anti-queda, cordas de segurança para evitar a queda de instrumentos e outros equipamentos e procedimentos para evitar acidentes graves (Agostinho, 2007). Na visão deste autor os vértices devem ser posicionados de forma a garantir um acesso fácil, sempre que possível próximos a vias públicas e ao nível do solo, e também distribuídos de forma a atender todas as áreas do município.

2.2.2. Levantamento das coordenadas dos Vértices em campo

Com o desenvolvimento da tecnologia, e advento das técnicas de posicionamento por satélite, observa-se duas fases da história da colecta de dados (observações de campo) para implantação de RG. A fase clássica e a fase moderna. A fase clássica caracteriza-se pelo uso de técnicas da topografia tradicional, através das medições de latitudes e longitudes, materializado por um conjunto de pontos (pilares, marcos ou chapas) situados sobre a superfície terrestre pelo método da triangulação e densificado pelo método de poligonação.

Com estes métodos, a cobertura geodésica integra-se por operações de reconhecimento, medição de ângulos horizontais e verticais, medição de comprimentos, observações astronómicas, nivelamento geométrico e gravimetria. O reconhecimento é a operação preliminar na cobertura geodésica e dele dependem a rapidez e o sucesso dos trabalhos posteriores. Consiste num processo recolha, no campo e, eventualmente, em gabinete dos elementos que permitirão escolher os vértices dos triângulos que, por encadeamento sucessivo, irão constituir a rede de triangulação geodésica (Rosa, 2017).

A fase moderna, também citada como fase espacial, que consiste no uso do posicionamento por satélite e na implantação das redes geodésicas de carácter activo, que realizam a colecta ininterrupta de dados, durante todos os dias do ano (Filho, 2018).

2.2.2.1. O papel dos GNSS no estabelecimento de Redes Geodésicas

O GNSS (do inglês, *Global Navigation Satellite System*) refere-se a uma constelação de satélites concebidos para determinar o posicionamento geográfico de um objeto na superfície da Terra (Seeber, 2003).

O GNSS é composto por vários sistemas "independentes" desenvolvidos por grandes potências económicas mundiais, que permitem a interoperabilidade entre si, sendo os principais GPS (americano), GLONASS (russo), GALILEU (europeu) e BEIDOU (chinês).

Estes sistemas partilham também do mesmo princípio geral de funcionamento, em que o processo de obtenção da posição apresenta semelhanças ao que se designa genericamente por trilateração, que tem por base a medição da distância (Hegarty & Chatre, 2008). Para determinar a posição, o receptor GNSS necessita, no mínimo, de quatro satélites simultaneamente visíveis por uma antena (Seeber, 2003). O sinal transmitido por cada satélite permite determinar o intervalo de tempo de propagação, a partir do qual se calcula, o tempo horário e a posição geográfica com um elevado grau de rigor, quando comparado com outros métodos de posicionamento, entre a dezena de metros e alguns centímetros, dependendo da sofisticação dos recetores e dos métodos de processamento de dados (Subirana, Zornoza, Hernández & Pajares, 2013).

Em posicionamento utilizando GNSS pode-se utilizar os métodos absoluto e relativo, ainda um terceiro método conhecido por DGPS (*Differential GPS*). E, dessa forma, têm-se os métodos de posicionamento: absoluto estático e cinemático, relativo estático e cinemático (Monico, 2008).

a) Posicionamento absoluto

Caracteriza-se pela utilização de um único receptor (Vide a figura 2). Este fica estacionado por um período de tempo que pode vaiar entre 15 minutos e 30 minutos ou até horas (dependendo do objetivo do levantamento), fazendo o rastreio da posição (Luz, 2019).

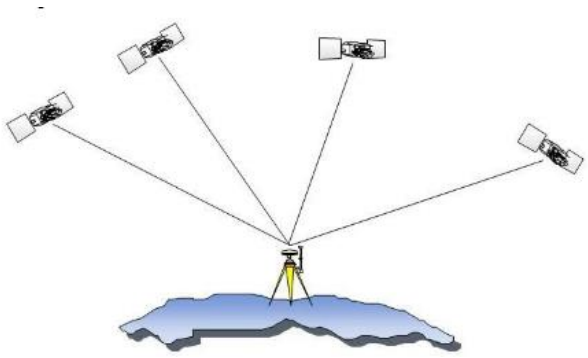


Figura 2: Receptor em posicionamento absoluto (Fonte: Luz, 2019).

b) Princípio do Posicionamento pelo método Relactivo

Para se realizar este tipo de posicionamento com o GNSS é necessário que o usuário se disponha de no mínimo dois receptores. Neste caso um dos receptores ocupa uma estação geralmente com coordenadas conhecidas, denominadas como base, e, de modo simultâneo, um ou mais receptores ocupam os pontos de interesse, conhecidos como *rovers*, dos quais se deseja determinar as coordenadas tridimensionais, (Luz, 2019). Neste processo, basicamente, o transporte de coordenadas da estação com coordenadas conhecidas (base) para os demais pontos ocupados (*rovers*) se dá a partir das componentes ΔX, ΔY e ΔZ obtidas na etapa de processamento dos dados para cada um dos vectores formados entre a

base e os pontos de interesse. Portanto as coordenadas de um ponto B são determinadas em função de um ponto A (base) com esta técnica de posicionamento, conhecendo-se as diferenças ΔX, ΔY e ΔZ do vetor AB ou da linha de base AB obtidas na fase de processamento, como é apresentado na Figura 5.

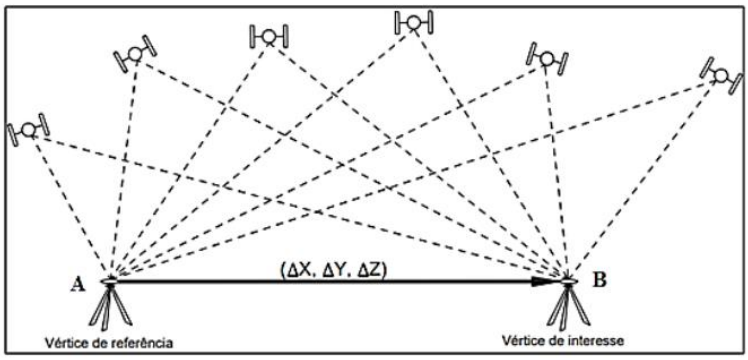


Figura 3:Receptores em posicionamento relativo (Fonte: INCRA 2013).

Devido ao facto de ser possível se reduzir alguns dos erros inerentes ao posicionamento com GNSS, como os efeitos da refração troposférica e refração ionosférica (maior fonte de erro do GNSS), o método de posicionamento relativo é o mais recomendado para execução de trabalhos geodésicos que requerem maior precisão, como o caso da implantação de redes geodésicas. Um factor indispensável que influi directamente na precisão do posicionamento relactivo com o GNSS se deve ao tempo de observação, a partir do qual este método de posicionamento pode ser classificado em estático e estático rápido, para o primeiro caso o tempo de rastreio simultâneo com dois ou mais receptores, ou uma sessão de observação tem duração igual ou superior a 20 minutos, no segundo caso este tempo não excede 20 minutos. (Luz, 2019).

Tabela 1: Estimativa de precisão para o posicionamento relativo com o GNSS (Fonte: IBGE 2017).

Linha de Base	Tempo de Observação	Equipamento Utilizado	Precisão
00 - 05 Km	05 - 10 min	L1[1] ou L1/L2[2]	5 - 10 mm ± 1 ppm
05 - 10 Km	10 - 15 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm ± 1 ppm
10 - 20 Km	10 -30 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm ± 1 ppm
20 - 50 Km	02 - 03 h	L1/L2	5 mm ± 1 ppm
50 - 100 Km	Mínimo 03 h	L1/L2	5 mm ± 1 ppm
> 100 Km	Mínimo 04 h	L1/L2	5 mm ± 1 ppm

[1] Receptores GNSS que operam apenas com uma frequência
[2] Receptores GNSS de dupla frequência

2.2.2.1.1. DOP (Diluição de Precisão)

A Diluição de precisão (DOP) na tradução directa para o português, ou diluição geométrica de precisão (GDOP), é um termo usado em navegação por satélite e engenharia geomática para especificar a propagação de erro como um efeito matemático da geometria do satélite de navegação na precisão da medição posicional (Klein 2011).

A ideia do DOP Geométrico segundo Silveira (2008) é indicar como os erros na medição afetarão a estimativa do estado final. Ele proporciona uma indicação da precisão dos resultados advindos do posicionamento por ponto simples. Essa precisão depende basicamente de dois factores:

- Da precisão da observação de pseudodistância, expressa pelo erro equivalente do usuário (UERE *User Equivalent Range Error*), que é associado ao desvio-padrão da observação;
- Da configuração geométrica dos satélites, obtidos pelos DOPs.

Quando os satélites de navegação visíveis estão próximos no céu, diz-se que a geometria é fraca e o valor DOP é alto; quando distantes, a geometria é forte e o valor DOP é baixo. Assim, um valor baixo de DOP representa uma melhor precisão posicional devido à maior separação angular entre os satélites usados para calcular a posição de uma unidade (Anflor et al., 2018)

Tabela 2: Interpretação do valor do DOP (Fonte Silveira 2009)

DOP	Avaliação	Descrição
<1	Ideal	O mais alto nível de confiança possível para ser usado em aplicações que exigem a mais alta precisão possível em todos os momentos.
1-2	Excelente	Nesse nível de confiança, as medições posicionais são consideradas precisas o suficiente para atender a todas as aplicações, exceto as mais sensíveis.
2-5	Bom	Representa um nível que marca o mínimo apropriado para tomar decisões precisas. Medições posicionais podem ser usadas para fazer sugestões confiáveis de navegação em rota para o usuário
5-10	Moderado	As medições posicionais podem ser usadas para cálculos, mas a qualidade da correção ainda pode ser melhorada. Recomenda-se uma visão mais aberta do céu.
10-20	Justo	Representa um nível de confiança baixo. As medições posicionais devem ser descartadas ou usadas apenas para indicar uma estimativa muito aproximada da localização atual.
>20	Pobre	As medições são imprecisas em até 300 metros com um dispositivo de precisão de 6 metros (50 DOP × 6 metros) e devem ser descartadas.

Nas aplicações geodésicas, os valores de DOP são de menor importância, pois os receptores modernos são capazes de rastrear todos os satélites visíveis. No entanto, eles são úteis nas operações de planeamento dos levantamentos quando há possibilidade de ocorrer obstrução do sinal. A inclusão dessa informação nos programas de planeamento pode auxiliar na definição do intervalo de coleta de dados. Nas aplicações geodésicas, faz-se, em geral, o uso de posicionamento relativo, e nesse caso tem-se maior importância a análise do *Relative DOP* (RDOP) (Anflor et al., 2018)

2.2.3. Contributo das Imagens Satélite de Alta resolução espacial em Projectos de RG

A resolução espacial consiste a menor porção de área terrestre identificável na imagem. A resolução espacial apresenta-se como como um factor limitante e fundamental quanto ao uso de imagens orbitais, pois define a escala a ser usadas nas análises espaciais, em áreas como, os estudos de climas, agricultura, controles de queimadas, Planeamento e ordenamento do Território, monitoramento de florestas, entre outros (Rodrigues et al., 2017).

Em projectos de RG, é necessário realizar estudos preliminares do território para compreender as características físicas e dinâmicas de uso e ocupação do solo. Este estudo segundo Collischonn (2013) possibilita a seleção criteriosa dos locais a implantar os potos, visado oferecer cobertura uniforme em todo o município. Utilizado imagens de satélite de alta resolução espacial, busca-se garantir que as informações relacionadas ao uso e ocupação do solo reflitam com precisão as condições actuais do território, e contribuem para a monitorização contínua de mudanças ambientais ao logo dos das áreas ode estejam implantados os vértices.

A análise de imagens de satélite com alta resolução espacial trouxe importantes avanços para o reconhecimento e mapeamento de territórios, no entanto, a obtenção de imagem com alta resolução ainda é uma opção cara na área das geociências. Como alternativa para esse problema, é apresentado o uso de imagens de alta resolução espacial do *Google Earth*, este que é um programa desenvolvido pela Google, cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite. O *Google Earth* é um aplicativo que oferece ao usuário um globo virtual composto por imagens de satélite ou fotos aéreas de todo o planeta. Nele, é possível navegar pelas imagens de alta resolução provenientes de fontes como o programa do *LandSat*, Satélite Sentinel-2, satélites comerciais como *QuickBird*, *GeoEye*, e mais (Lopes 2009).

As imagens satélite, quando adquiridas directamete do Software *Google Earth*, necessitam de um processo manual de georreferenciação, param atribuição de coordenadas geográficas a imagem. Face a isto, foram desenvolvidas ferramentas que optimizam o processo de aquisição de imagens satélite georreferenciadas, como o caso do *SAS Planet.* (Alves, 2020).

2.2.3.1. SAS Planet

O *SAS.Planet* é um *software* livre criado pelo *SAS Group* e tem por objetivo permitir a visualização e download de imagens de satélite georreferenciadas com alta resolução fornecidas por sistemas online, tais como o *Google Earth, Google Maps, Bing Maps, Yahoo Maps*, dentre outros (Cerqueira, 2004).

2.2.4. Análise vectorial em Sistemas de Informação Geográfica

A análise vectorial em Sistemas de Informação geográfica é um conjunto de métodos e técnicas aplicadas a dados espaciais em modelo vectorial, pontos, linha e polígono, que permite a interpretação e manipulação precisa de informações geográficas. Este tipo de análise, possibilita operações como sobreposição de camadas, cálculo de distâncias, análise de relações topológicas, e mais. As Ferramentas comuns de análise vectorial são Proximidade, Sobreposição (*Overlay*), Seleção, Dissolução, Classificação.

2.2.4.1. Análise de proximidade

A análise de proximidade envolve a criação de zonas de influência, chamadas de *Buffer, ao* redor de pontos, linhas e polígonos, para distinguir áreas que estão dentro de determinada distância limite, permitido a criação de áreas de influência que auxiliam em avaliações de impacto, acessibilidade ou risco.

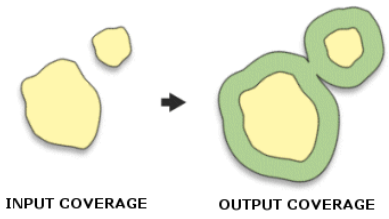


Figura 4: Ferramenta de buffer

2.2.4.2. Análise de Sobreposição

A sobreposição consiste na integração de diferentes camadas de informação para identificar interseções e relações entre elas. Permite combinar dados de diferentes fontes, gerando novas camadas que evidenciam onde determinados critérios coincidem. Dependendo da natureza dos dados as operações de sobreposição podem ser efectuadas utilizando-se operadores lógicos, aritméticos, e difusos (lógica *fuzzy*). Entre as operações de sobreposição mais comuns, destaca-se:

a) **Interseção** que extrai áreas onde duas ou mais camadas se sobrepõem, possibilitado a identificação de zonas comuns a todas as camadas analisadas.

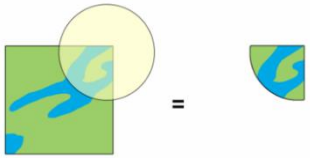


Figura 5: Ferramenta de interseção

b) **União**- combina os contornos de todas as camadas, formando uma nova camada que abrange toda a extensão dos dados, mesmo que haja áreas exclusivas em cada uma delas.

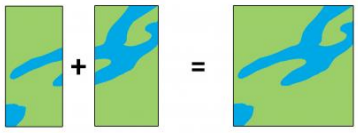


Figura 6: Ferramenta de União

c) **Diferença** é uma operação que permite subtrair a área de uma camada, da outra, isolado regiões que ao compartilham determinadas características. Remove da camada de entrada as áreas que se sobrepõem a camada de referência, preservando apenas as áreas que não coincidem.

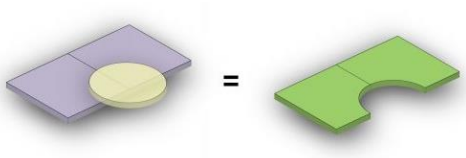


Figura 7: Ferramenta de diferença

2.2.5. Seleção

A seleção é o processo de identificar subconjuntos de dados a partir de critérios específicos, seja pela localização, atributos ou uma combinação de ambos. A seleção por atributos é baseada em expressões de consulta SQL, que seleciona recursos que correspondem aos critérios de seleção, e a seleção por localização permitem selecionar feições com base em sua localização em relação às feições em outra camada. Os métodos de consulta espacial a seguir são suportados usando a seleção por localização: Interseção, Estão a uma distância de…, Contém…, Têm seu centróide em…, Compartilhar um segmento de linha com…, Toca no limite de… e São idênticos a… .

2.3. Normalização de critérios

O processo de normalização consiste em transformar todos os valores de avaliação dos diferentes critérios (valores não comparáveis entre si), para uma mesma escala. Este processo viabiliza a agregação destes critérios e posteriormente, à respectiva combinação (Cabral, 2012).

A normalização dos critérios em SIG é frequentemente obtida através da função de reclassificação, onde utilizam-se os valores máximos e mínimos para a definição de uma escala, sendo mais usada a Logica de *fuzzy*.

2.5.1. Álgebra boleana

A álgebra booleana é uma estrutura matemática que estuda operações algébricas com valores binários, ou seja, com apenas dois valores possíveis verdadeiro (1) ou falso (0) e operadores booleanos AND, OR e NOT. Na normalização de critérios, pode ser usada converter diferentes critérios e condições em uma representação binária [0;1]. É uma forma de normalização segundo o qual um conjunto de valores expressos numa escala de valores é convertido num outro comparável, expresso numa escala normalizada [0;1], que indique se uma determinada área ou feição cumpre a uma condição definida (Perini & Furasté 2011).

2.3 Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de apoio á localização de Infraestruturas

Os sistemas de Informação Geográfica (SIG) desempenham um papel fundamental em estudos sore localização de infraestruturas, permitido a tomada de decisões mais informadas e eficientes. Esta análise envolve a colecta, processamento e modelagem de dados espaciais para identificar os locais mais adequados para implantação de infraestruturas, como é o caso dos vértices de Redes Geodésicas.

A escolha do melhor local para implantação de infraestruturas depende de vários critérios, entre os quais estão a acessibilidade, topografia, uso do solo, restrições ambientais, e mais.

Para Matos (2008) Citado por Cabral (2012), o problema da localização em ambiente SIG é abordável em quatro fases:

1ª Fase: Identificação das variáveis disponíveis que favorecem ou prejudicam uma dada localização. Esta fase é específica para cada estudo ou aplicação, podendo incluir aspectos legais, naturais e socioeconómicos, e ainda são apontados os factores que condicionam o nível de aptidão de cada local em causa.

2ª Fase: Modelação espacial dessas variáveis. A modelação espacial das características relevantes para uma análise de localização depende, das características da informação disponível ou quando a aquisição é economicamente comportável. Nesta etapa, é frequente o recurso a simplificações relativamente aos dados específicos para a resolução do problema. A modelação espacial da informação é condicionada por diversos factores, como a qualidade, a escala e a generalização dos dados.

Nesta fase podem ser aplicadas as funções de análise espacial, que permitem obter em ambiente dos SIG a tradução, entre outros, dos conceitos de proximidade, inclusão e vizinhança e suas combinações lógicas, especificando, assim, as condições que o problema inclui no seu enunciado (Gonçalves, 2007).

3ª Fase: A geração de soluções alternativas. A geração de soluções alternativas pode ser simples, se proveniente de um processo de sobreposição de condicionantes com limites em definidos para a localização. No entanto, quando há muitas possibilidades a considerar, o processo tora-se mais complexo. Desta forma será desejável o uso de ferramentas que possibilitem análises complementares para a determinação, por exemplo, de áreas de influência.

4ª Fase: Avaliação das soluções geradas e decisão. Podem ser utilizados processos de apoio à decisão, dos quais um dos mais utilizados é a análise multicritério, como também os métodos de sobreposição Booleana e métodos de combinação de critérios de domínio contínuo, frequentemente normalizados, para uma escala comum pela ponderação segundo médias ponderadas.

Na literatura pode-se encontrar várias técnicas e critérios para a localização de vértices de RG, em ambiete SIG. Collischonn (2013), em seu estudo sobre Planeamento, Materialização E Controle De Qualidade De Rede Geodésica, fez uso dos SIG para manipular e apresentar dados espaciais. Nesse estudo, a intervisibilidade entre os vértices foi garantida visualmente, mas também foram gerados perfis topográficos entre os vértices, baseado no Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido através de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e ASTER GDEM 37. A metodologia consiste em, inicialmente, realizar o planeamento da rede geodésica, o que envolve a definição da quantidade e localização dos seus vértices. Considerando a recomendação para áreas urbanas, de densidade aproximada um para cada 3 km2, foi estabelecido um raio de 1 km envolvendo cada vértice na área de estudo, localizando esses vértices preferencialmente em propriedades públicas.

Na metodologia aplicada por Amaral (2019) foram definidos os locais para implantação dos marcos que compõem a RG, através da plataforma do Google Earth ®, onde foi realizada uma seleção primária dos respectivos locais, todos dispostos em áreas distantes de linhas de transmissão de energia eléctrica, visando a redução de interferências do sinal GNSS e em locais com boa visibilidade do horizonte com o mínimo possível de obstáculos para a redução do erro de multicaminho.

Filho (2019), em seu estudo sobre Etapas para implementação de uma Rede Municipal de Referência, no processo de planejamento da localização dos pontos da RG, identificou como adequadas as áreas de vegetação rasteira e sem um relevo que venha atrapalhar a intervisibilidade dos marcos ou até a captação do sinal. Após decisão do tipo de materialização, foram analisadas áreas que poderiam possibilitar a implementação dos marcos, tendo sido definidas as áreas públicas como as mais adequadas, e foram adquiridos arquivos do sistema viário, logradouros e quadras destes locais. Tais materiais serviram para desenvolver mapas e estudar as possíveis áreas de implementação dos marcos geodésicos. A mesma abordagem foi aplicada por Luz (2019), porem, este definiu por meio da planta topografica obtida em formato digital e por imagem do Google Earth, os locais apropriados para receberem os marcos da RG.

3

MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritos os materiais e métodos usados para o alcance dos objectivos da pesquisa.

3.1. Material

Com vista a alcançar os objectivos da pesquisa, foram adquiridas imagens satélite com resolução espacial de 0,27 m/pixel, duas cartas topográficas no CENACARTA, na escala de 1:50000, referentes as folhas número 1189 e 1190 com nomenclatura $\frac{SG-36}{I-III-SE}$ e $\frac{SG-36}{I-IV-SO}$ respectivamente, foi ainda realizada uma visita de estudo ao Conselho Municipal da Cidade da Matola (CMCM) , na Vereação de Planeamento Territorial e Urbanização (VPTU) para analisar a situação actual da Rede Geodésica do Posto administrativo da Matola Sede. Concernente aos dados que foram usados no presente estudo os mesmos são apresentados e descritos na tabela 3, que se segue:

Tabela 3: Descrição dos dados

Dados	**Formato**	**Ano de atualização**	**Fonte**
Limites administrativos	*.Shapefile*	2020	CENACARTA
Tipos de solo	*.Shapefile*	2005	
Carta topográfica	Físico	1990	
Modelo digital de elevação	.Geotiff	2024	https://earthexplorer.usgs.gov/
Imagens satélite	.JPG	2024	Google Earth
Uso e cobertura do solo	.Geotiff	2024	https://esa-worldcover.org/en
Vias de acesso	.OSM	2024	https://www.openstreetmap.org/

Para a realização deste trabalho, foram necessários diversos materiais, que incluem tanto *softwares* quanto *hardware*. Esses recursos essenciais para a pesquisa estão detalhados na Tabela 4, onde são apresentados e descritos de forma especifica.

Tabela 4: Descrição dos materiais utilizados

Software			
***Software* e a versão**	**Função**		
***QGis* 3.10 (*a curanã*)**	Elaboração de mapas, Vectorização de parcelas, analise espacial.		
ArcGIS 10.8			
SAS planet	Aquisição de imagens do *Google Earth* ®		
Draw.io Desktop	Criação de fluxogramas metodológicos e de procedimentos		
Hardware			
Modelo	*Notebook* hp 250 G6	**Memoria RAM**	8 GB

3.2. Metodologia

A fase preliminar desse trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica de estudos e normas técnicas relacionados ao planeamento, implantação, levantamento e ajustamento uma rede geodésica, de forma a identificar as bases teóricas e os conceitos fundamentais para a pesquisa. Foi usada uma metodologia de pesquisa Exploratória, esta que é descrita por Selltiz et al. (1965), citado por Oliveira (2011), como sendo uma pesquisa que busca descobrir ideias e intuições, na tentativa de adquirir maior familiaridade com o fenômeno pesquisado, possibilitando aumentar o conhecimento do pesquisador sobre os factos, permitindo a formulação mais precisa de problemas, criar novas hipóteses e realizar novas pesquisas mais estruturadas.

3.2.1. Procedimentos metodológico

Para o alcance dos objetivos da pesquisa, foram operacionalizadas diferentes fases metodológicas para as diferentes etapas, que se enumeram de seguida

I. **Leitura exploratória e revisão de bibliografia de referência**– esta fase foi operacionalizada através da consulta de artigos científicos, disponíveis na internet, e em bibliotecas, e documentos adquiridos na Vereação de Planeamento Territorial e Urbanização (VPTU), no Conselho Municipal da Cidade da Matola (CMCM), bem como as normas técnicas que regem o processo de planeamento e implantação de RG, nacional e internacional;
II. **Identificação das variáveis *Inputs* do modelo** – este processo foi realizado tendo como base a literatura Internacional Collischon (2013), Filho (2018), Luz (2019), Agostinho (2017), Klein (2014), este facto deveu-se pela escassez de literatura nacional que fale sobre o tema em questão;
III. **Tratamento das informações espaciais** – A operacionalização desta fase foi baseada no *software* QGis. Esta fase consistiu em fazer o recorte (*clip*) da área de estudo uma vez que os dados fornecidos pelo CENACARTA abrangem todo território nacional, fez-se também a conversão do sistema de coordenadas dos dados.
IV. **Extração de informação espacial referente a área** – esta fase foi realizada a partir imagens satélite, onde foram extraídos os equipamentos sociais e infraestruturas, extração da situação actual da RG na Planta topográfica;
V. **Normalização dos critérios** – nesta fase foi realizada a reclassificação dos atributos numa escala de valores binários;
VI. **Identificação das áreas com aptidão para implantação dos vértices da RG –** Esta fase envolveu a análise de diversas características geográficas, ambientais e técnicas que influenciam a viabilidade e a eficiência da localização dos vértices. Para identificar as áreas adequadas foram considerados factores como, topografia, acessibilidade, cobertura vegetal e distâncias de

interferência. A combinação desses factores permitiu uma seleção criteriosa das áreas mais aptas para a implantação dos vértices da Rede Geodésica, assegurando a eficácia e a precisão na coleta de dados geodésicos;

VII. **Definição da proposta para o levantamento das coordenadas dos vértices da rede –** esta fase foi baseada nas técnicas de posicionamento por satélite especificamente Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).

O resumo dos procedimentos metodológicos usados no presente estudo podem ser vistos e analisados na figura 9, que representa o fluxograma metodológico.

3.3 Pré-processamento dos dados

Os dados vectoriais acima descritos, foram obtidos em um *shapefile* que descreve todo território Nacional, desta feita, foi necessário fazer o recorte e extração dos dados referentes área de estudo.

Para os dados em modelo matricial, foi realizado um *buffer* de 2 km em torno dos limites da área de estudo, para evitar cortes incompletos de células e preservar valores dos pixels nas bordas dos limites da área de estudo, e procedeu-se com o recorte da área de estudo.

3.3.1 Reprojeção das Imagens satélite

As imagens de satélite foram adquiridas por meio do *software SAS Planet*, no formato *.JPG*, apresentando uma resolução espacial de 0,27 m/pixel e composição RGB nesta composição cada pixel é formado pela combinação de três cores primárias, vermelho (R), verde (G) e azul (B). A utilização da composição RGB é padrão em muitas aplicações de imagens, pois está diretamente relacionada à percepção humana de cores, permitindo a visualização mais intuitiva das informações representadas nas imagens de satélite.

Quando adquiridas pelo *SAS Planet*, as imagens do *Google Earth*® estão disponíveis na projeção WGS 1984. Nesse contexto, as imagens foram reprojetadas para um sistema de coordenadas retangulares na projeção WGS 1984 UTM Zona 36S. A reprojeção é uma etapa importante no processamento de imagens geoespaciais, pois facilita a integração e a análise dos dados em diferentes sistemas de informações geográficas (SIG). Para a presente pesquisa a reprojeção deveu-se ao facto de:

- **Compactibilidade** – As análises a serem feitas (geoespaciais) bem como os *softwares* a serem usados para as mesmas, requerem que os dados estejam em um sistema de coordenadas específico para que possam ser combinados corretamente;
- **Precisão** – As projeções retangulares ajudam a manter a precisão nas medições, o que é crucial em aplicações de natureza do presente trabalho;
- **Facilidade de Análise** – Com as imagens reprojetadas, as operações de sobreposição e medição de distâncias seriam realizadas com maior eficiência e precisão.

3.3.2. Geração do Mosaico

Após a reprojeção, foi gerado um mosaico combinando todas as imagens em uma única camada. A realização de um mosaico foi uma etapa fundamental no processamento e análise das imagens de satélite, visto que o mosaico combina várias imagens em uma única camada, permitindo uma visualização integrada de uma área maior. Gerar o mosaico foi de extrema importância na medida em que as imagens individuais cobriam partes sobrepostas da região em estudo, e com este procedimento as mesma passaram a proporcionando uma cobertura contínua da área de estudo. Para o presente estudo a geração do mosaico foi motivado por:

- **Cobertura completa** – preencher lacunas e garantir que toda a área fosse representada, mesmo que as imagens tenham sido capturadas em momentos ou condições diferentes;
- **Melhoria da qualidade** – suavizar variações na iluminação, cor e textura que pudessem ocorrer devido a diferentes condições atmosféricas ou épocas do ano. Isso resultou em uma imagem mais uniformes e representativa da realidade;
- **Correcções consistentes** – com o mosaico criado foi possível aplicar correções de cor, brilho e contraste de forma mais uniforme. Isso garantiu que as características da imagem fossem consistentes ao longo de toda a área coberta, facilitando a análise visual e quantitativa;
- **Facilidade de analise** – com o mosaico criado, tornou-se simples fazer a análise geospacial, uma vez que trabalhar com uma imagem coesa é mais simples quando comparado com múltiplas imagens separadas;
- **Redução de erros** – a fusão de múltiplas imagens pode ajudar a minimizar erros que podem ocorrer em imagens individuais, como aqueles causados por nuvens ou distorções;
- **Tempo e eficiência** – ao trabalhar com um mosaico, a maximização do tempo é evidente, pois o acesso e manipulação de uma única camada que representa toda a região de interesse é mais flexivel, ao invés de processar cada imagem de forma isolada.

3.3.3. Correção geométrica

Segundo Lopes (2009) a actualização periódica das imagens na base de dados do *Google Earth* traz uma problemática, pois ao se trocar a imagem no *Google Earth*, a nova imagem pode ter um novo registro e, portanto, dados vectoriais sobrepostos na nova imagem podem ficar deslocados em comparação à antiga, reduzido a precisão geométrica das imagens.

Para o presente trabalho foi aplicada a correção geométrica usando pontos de controlo, esta, tem a vantagem de ser de simples execução e não requer nenhum conhecimento sobre os parâmetros orbitais do sensor (Alge, 2007). Neste modelo as coordenadas de imagem foram relacionadas às coordenadas de referência (X,Y) através de polinômios de grau n. Os principais objectivos deste procedimento foram:

- **Ajuste da geometria** – este é um dos principais objectivos visto que, pois corrige distorções geométricas que podem surgir devido a factores como a perspectiva da câmera, a inclinação do satélite, as variações do relevo e as condições atmosféricas. Essas distorções podem afectar a precisão da localização dos objetos na imagem;

- **Aumento da Precisão** – garantir que as imagens estejam corretamente alinhadas com pontos conhecidos em um Sistema de Coordenadas específico permitiu uma melhor integração das imagens com outros dados geoespaciais, aumentando assim a confiabilidade nas análises realizadas;

- **Facilitação da Análise** – a correção geométrica facilitou a sobreposição e a comparação de diferentes camadas de dados, uma vez que todas as informações estavam no mesmo Sistema de Referência.

A execução deste procedimento foi no *software* ArcGIS e deu-se nos seguintes passos:

I. **Preparação dos dados:**
   - Importar a imagem em formato *raster* que precisavam ser corrigida;
   - Ter disponível um conjunto de pontos de controle que estão geograficamente referenciados e são conhecidos (por exemplo, coordenadas de pontos em um mapa).

II. **Seleção de pontos de controle:** foi necessário definir pontos na imagem que correspondessem a coordenadas conhecidas. Esses pontos tinham de ser facilmente identificáveis tanto na imagem quanto no mapa de referência. Escolheu-se locais facilmente identificáveis (cruzamento de estradas, curso de água, etc.);

III. **Definição de um modelo de transformação:** Escolheu-se um modelo de transformação geométrica apropriado que no caso foi o polinomial de primeiro grau a escolha foi baseada na quantidade e distribuição dos pontos de controle;

IV. **Criação do *raster* corrigido:** após a definição dos pontos de controle e a configuração do modelo de transformação, usou-se a ferramenta *"Georeferencer"* (Georreferenciamento) para aplicar a transformação à imagem. Isso resultou em uma nova imagem *raster* corretamente alinhada com o Sistema de Coordenadas definido.

V. **Verificação da precisão:** é importante verificar a precisão da correção comparando os pontos corrigidos com os pontos de controle conhecidos. O valor do *Root Mean Square* (RMS) total não pode ser superior a 0.5 que representa o erro de deslocamento de 0.5 pixel (Sambo, 2015). Os valores totais de RMS da imagem estão descritos no apêndice I.

VI. **Exportação da imagem:** Finalmente com a imagem corrigida, a mesma foi exportada para que se pudesse fazer as analises desejadas.

3.4. Vectorização da imagem

O processo de vectorização da imagem satélite foi realizado com o objectivo de extrair dados referentes à distribuição das infraestruturas e habitações da área em estudo. A vetorização consistiu na conversão de dados *raster* em dados vectoriais (pontos, linhas e polígonos). Isso permitiu uma análise mais detalhada e precisa das características espaciais do território.

O principal objetivo da vetorização foi de criar uma representação geográfica precisa e editável das infraestruturas e habitações que compõem a área de estudo. Com os dados vectoriais foi possível realizar análises objectivadas.

A escala de digitação escolhida foi de 1:1500, a mesma permitiu uma visualização detalhada das características espaciais da área em estudo, possibilitando a identificação clara dos objectos geográficos da área. Durante o processo de vectorização, foram aplicados princípios de generalização cartográfica, como simplificação, seleção e fusão. A generalização foi crucial porque:

- **Simplificação**: ajudou a reduzir a complexidade dos dados, eliminando detalhes desnecessários que pudessem dificultar a visualização e a interpretação dos dados;
- **Seleção:** implicou na escolha dos elementos relevantes que foram essenciais para o estudo. Em um contexto de planeamento e análise, nem todos os dados são igualmente importantes. A seleção ajudou a focar nas características que tinham maior impacto nas análises realizadas;

- **Fusão**: Refere-se à combinação de entidades semelhantes em uma única representação. Isso foi útil para reduzir a densidade de dados e facilitar a interpretação.

3.5. Extração de Cursos de água

Neste estudo, o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido a partir dos dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que forneceram informações topográficas com uma resolução espacial de 30 metros. Esses dados representam a elevação da superfície terrestre e são cruciais para diversas aplicações. Os dados foram obtidos na projeção WGS 1984, tendo sido reprojectado para a projeção WGS 1984 UTM Zona 36S. O processo de extração de cursos de água, seguiu as etapas apresentadas na figura 8:

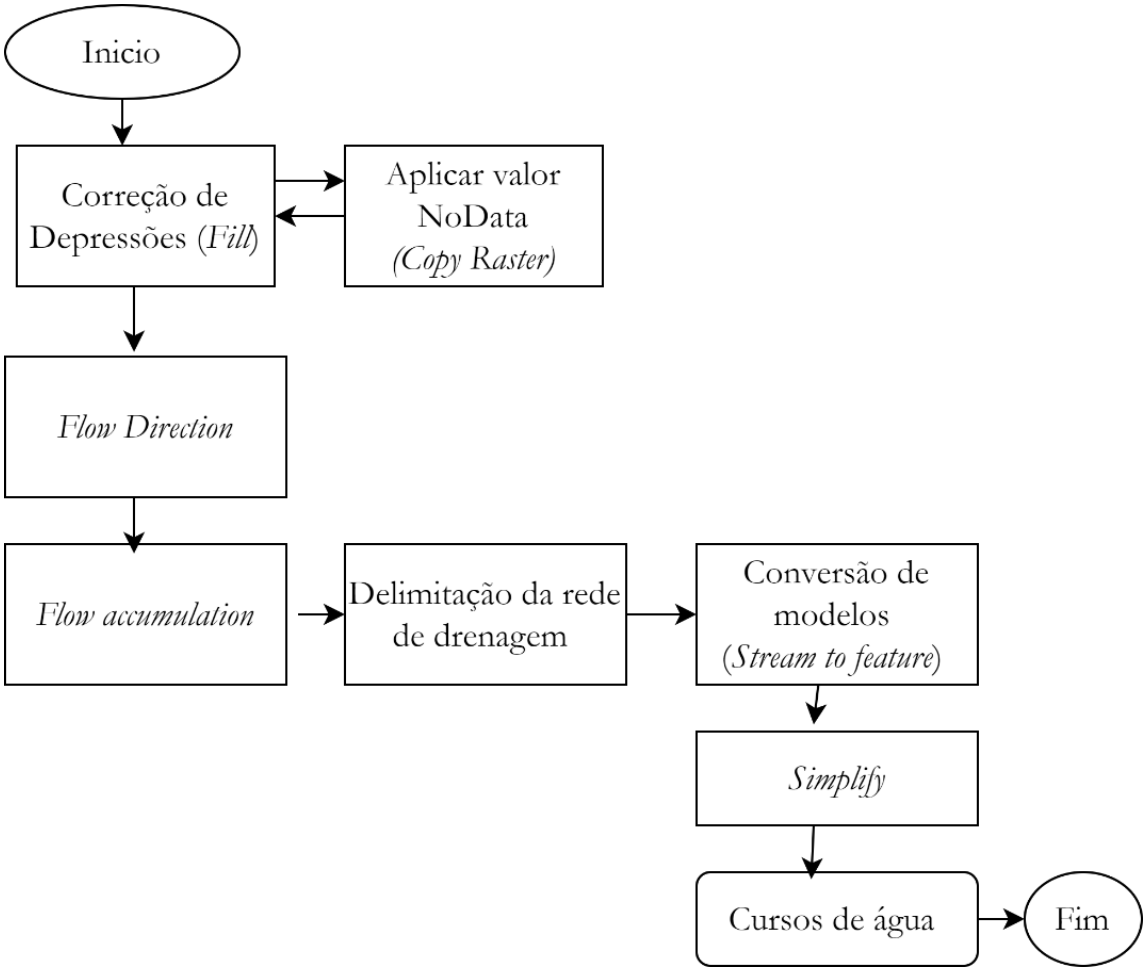


Figura 8: Fluxo de processos para extração de Cursos de água

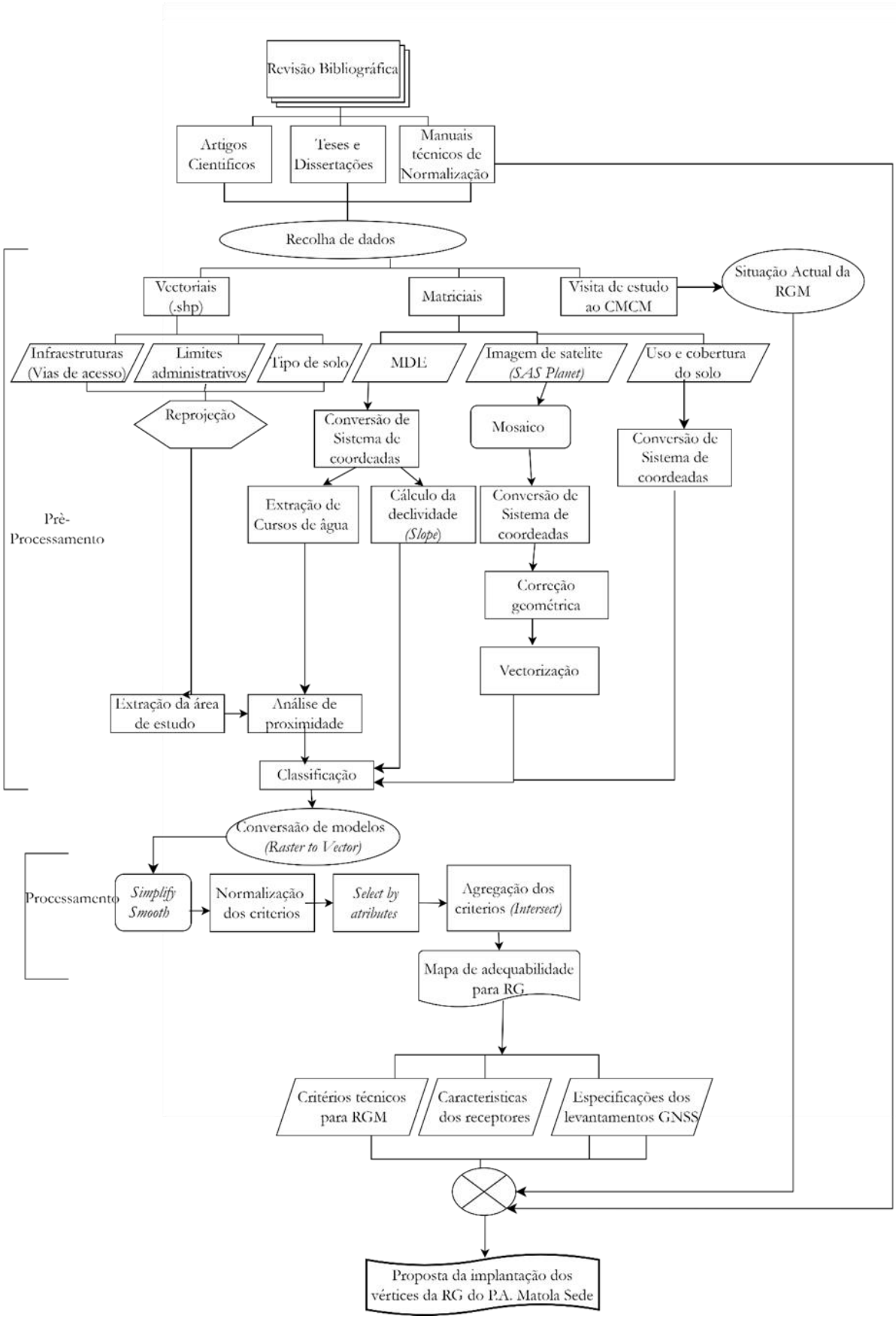


Figura 9: Fluxograma metodológico

4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos durante todo o processo de elaboração desta pesquisa.

4.1. Especificações sobre a acessibilidade

A acessibilidade dos vértices da RG pode ser garantida por meio de análises do sistema viário e Ferroviário, para garantir que os vértices estejam localizados em áreas de fácil acesso, mas sem muito movimento de veículos pesados, que podem criar vibrações em torno dos vértices e afectando a sua estabilidade, bem como pela análise das infraestruturas e equipamentos sociais públicos, pois oferecem a proteção adequada e facilidade de acesso, em comparação as áreas privadas. Desta forma, para a implantação da RG deve considerar-se preferencialmente as áreas públicas com devida proteção, a proximidade as vias de acesso terciária e secundária, devendo evitar-se áreas próximas as vias primárias e linhas férreas.

4.1.1. Modelação da acessibilidade em função das vias de acesso

A modelação da acessibilidade, baseada na rede viária foi feita considerando uma largura média das vias de acesso de 10m, onde de 0 a 5m compreende a área da faixa de rodagem, e de 5 a 10m as áreas livres entre o limite das parcelas e a faixa de rodagem, desconsiderando as vias primárias e as linhas férrea (vide a figura 10).

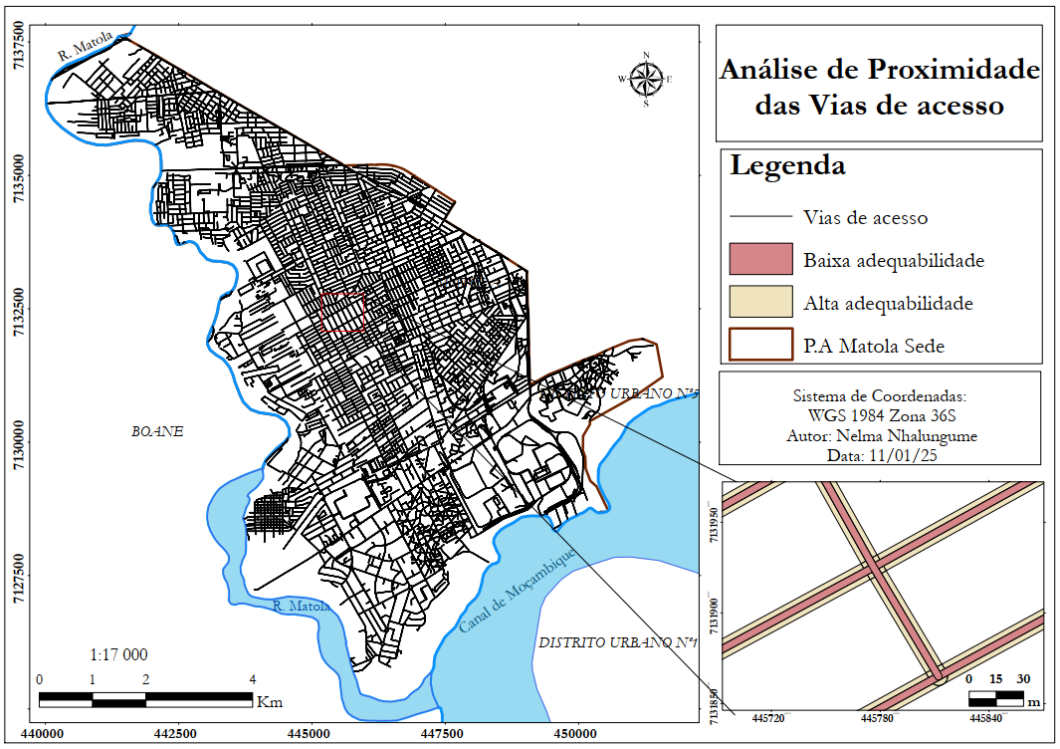


Figura 10: Modelação da acessibilidade em função das vias de acesso

Tabela 5: Classificação da adequabilidade em função das vias de acesso

Intervalos de largura	Reclassificação	Indicador
0 a 5m	0	Baixa adequabilidade
5 a 10m	1	Alta adequabilidade
>10m	1	Alta adequabilidade

4.1.2. Modelação da acessibilidade em função das infraestruturas

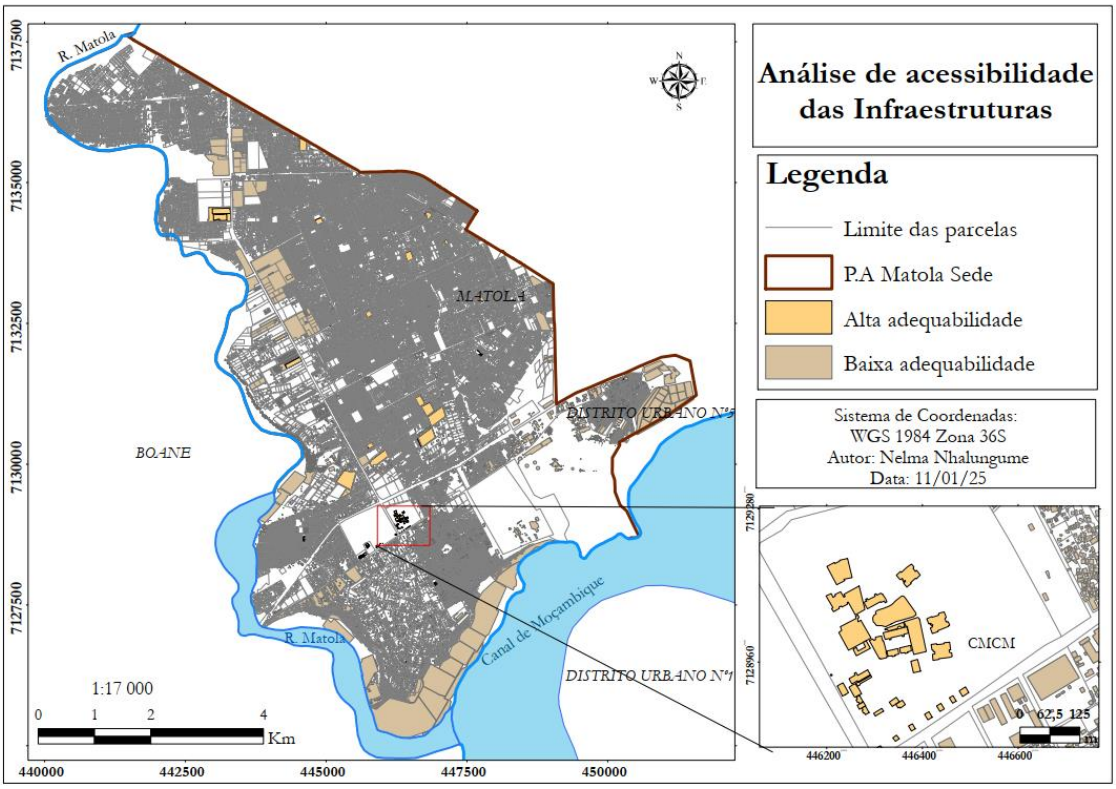


Figura 11: Modelação da acessibilidade em função das infraestruturas

Na figura 11 as infraestruturas classificadas com baixa adequabilidade, são as áreas habitacionais, comerciais e industriais, que consistem em áreas de domínio privado, e as infraestruturas classificadas com alta adequabilidade são as infraestruturas de domínio público, como escolas, áreas administrativas do Município da Matola e a sede do Município (vide a tabela 6).

Tabela 6: Classificação da acessibilidade em função das infraestruturas

Categoria	Reclassificação	Indicador
Publicas	1	Alta adequabilidade
Privadas	0	Baixa adequabilidade
Habitações	0	Baixa adequabilidade
Zona industrial	0	Baixa adequabilidade

4.2. Especificações sobre estabilidade

A implantação de uma Rede geodésica estável depende da combinação de factores como o tipo de solo e proximidade a cursos de água. Solos ricos em matéria orgânica, com acúmulo de sedimentos e com grande porosidade tendem a ser mais instáveis e suscetíveis a efeitos da erosão, deslocamento, e compactação do solo, desta forma, apresentam menor adequabilidade, pois podem causar deslocamentos dos vértices e variações das coordenadas, alterado a precisão e a confiabilidade das medições, podendo afetar a integridade dos vértices, para o caso de Redes passivas.

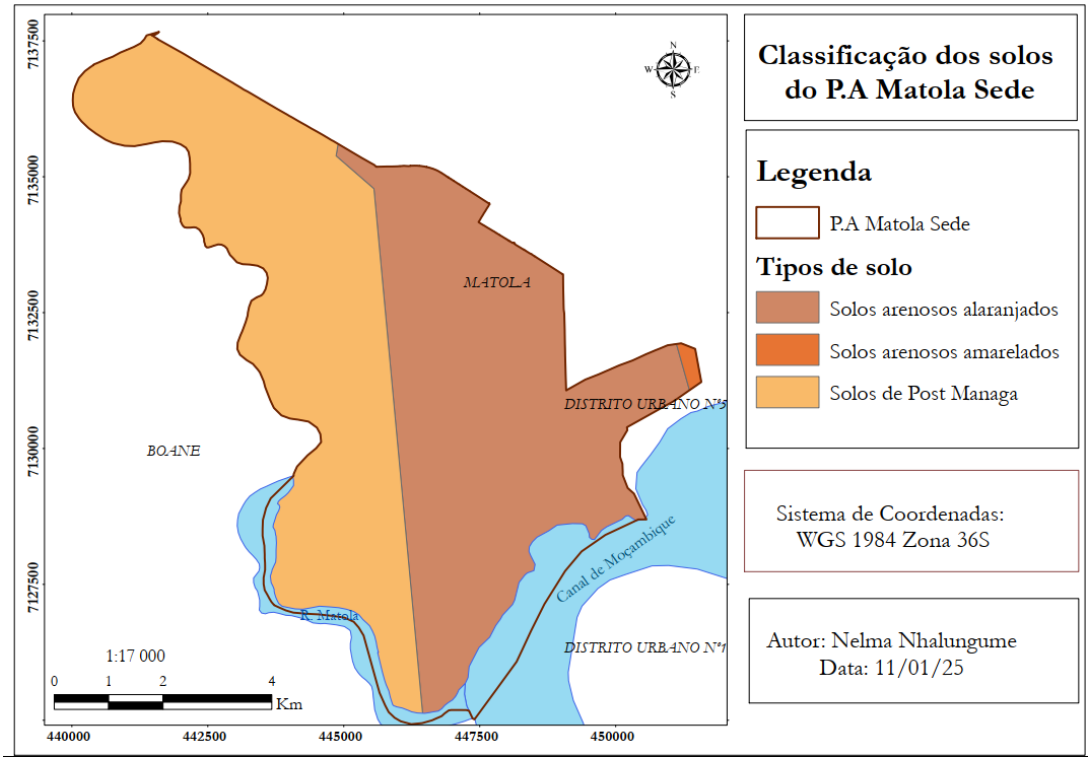


Figura 12: Tipos de solos

4.2.1. Modelação da estabilidade em função dos tipos de solo

Os solos arenosos (figura 12) são solos com alta percentagem de areia e baixa percentagem de argila. São caracterizados por ter baixa capacidade de retenção de água e por apresentar textura granulada, característicos de planícies costeiras e áreas de deposição eólica. Os solos de post Managa (*Chromic Cambisols)* são um tipo de solo que pode ser encontrado em terrenos ondulados ou montanhosos, caracterizados pela ausência de uma camada de argila acumulada, húmus. Ambos tipos de solo, apresentam características adequadas para a implantação dos vértices, garantindo maior estabilidade e menor risco de deslocamento.

Tabela 7: Classificação de estabilidade em função da pedologia

Tipo de solo	Reclassificação	Indicador
Solos areosos alaranjados	1	Alta adequabilidade
Solos areosos amarelados	1	
Solos de Post Managa	1	

4.2.2. Modelação da estabilidade em função dos cursos de água

O local de implantação dos vértices, deve ser estável, sem qualquer influência de vibrações ou trepidações evitar localidades próximas a espelhos de água, como rios, lagos, etc. Devendo ser respeitada, segundo Filho (2018), uma distância maior que 50m para a implantação. Perante esta restrição, criou-se uma área envolvente de 60 metros, considerando-a inadequada para a localização dos vértices. A área interior ao *buffer* atribuiu-se um valor 0 (vide a figura 13).

Tabela 8: Classificação das distâncias dos eixos principais dos cursos de água (onte: adaptado de Cabral (2012))

Distância dos eixos principais dos curos de água (em metros)	Valor da Reclassificação	Indicador
> 100	1	Alta adequabilidade
100 – 80	1	
80 – 60	1	
60 – 40	0	Baixa adequabilidade
40 – 20	0	
< 20	0	

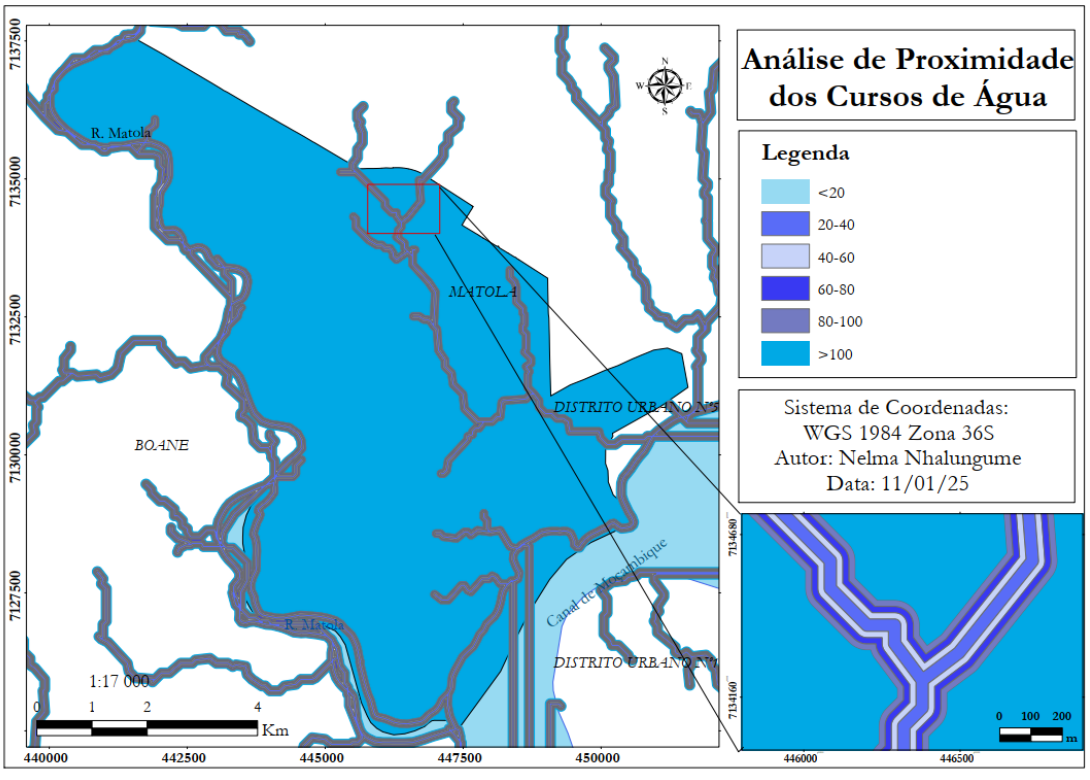


Figura 13: Classificação das distâncias dos eixos principais dos cursos de água

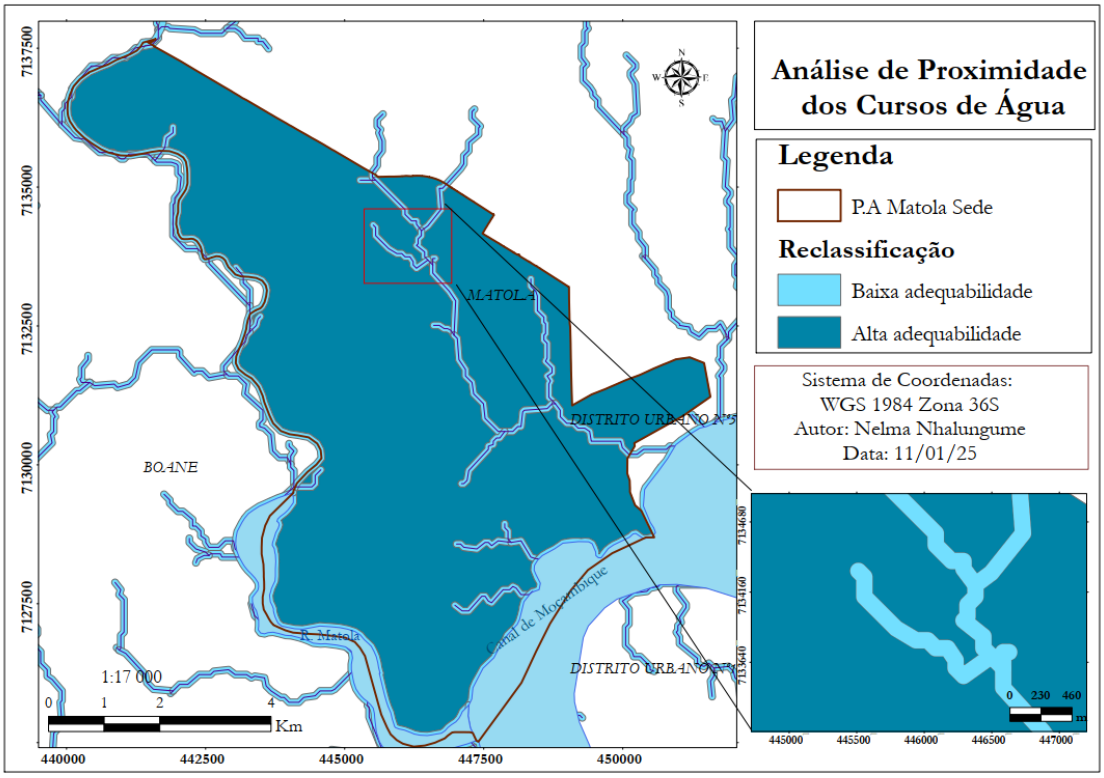


Figura 14: Modelação da estabilidade em função dos cursos de água

4.3. Especificações sobre a intervisibilidade

Segundo o IBGE (2008), o local para materialização dos vértices deve atender, o horizonte deve estar desobstruído acima de 15°, devendo evitar-se áreas próximas a árvores e vegetação densa. Por tanto, é necessário o conhecimento do tamanho da área a ser implantada a rede, assim como o seu relevo e as categorias de uso e ocupação do solo.

4.3.1. Modelação da intervisibilidade em função do relevo

O relevo é importante para o estabelecimento da intervisibilidade entre vértices, o que também influencia na localização dos mesmos, a fim de atender profissionais de topografia que venham a utilizar as coordenadas dos marcos. Áreas densamente edificadas, oferecem menor visibilidade para os levantamentos topográficos pelos métodos de topografia tradicional, e para os casos de aplicação de técnicas de posicionamento por satélite, representam fontes de interferência para os sinais de satélite.

4.3.1.1. Declividade

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos, podendo ser extraída em um Modelo Digital de Elevação (MDE), que representa as diferentes altitudes da superfície topográfica levando em consideração as diferentes estruturas naturais e artificiais existentes (Rosa, 2017).

Para o cálculo da declividade foi usada a ferramenta de análise Matricial *Slope*, no ArcGIS 10.8, usando o MDE com resolução espacial de 30m, da Missão SRTM. A figura 15 representa a classificação do relevo, em função da declividade, baseado na escala descrita na tabela 9.

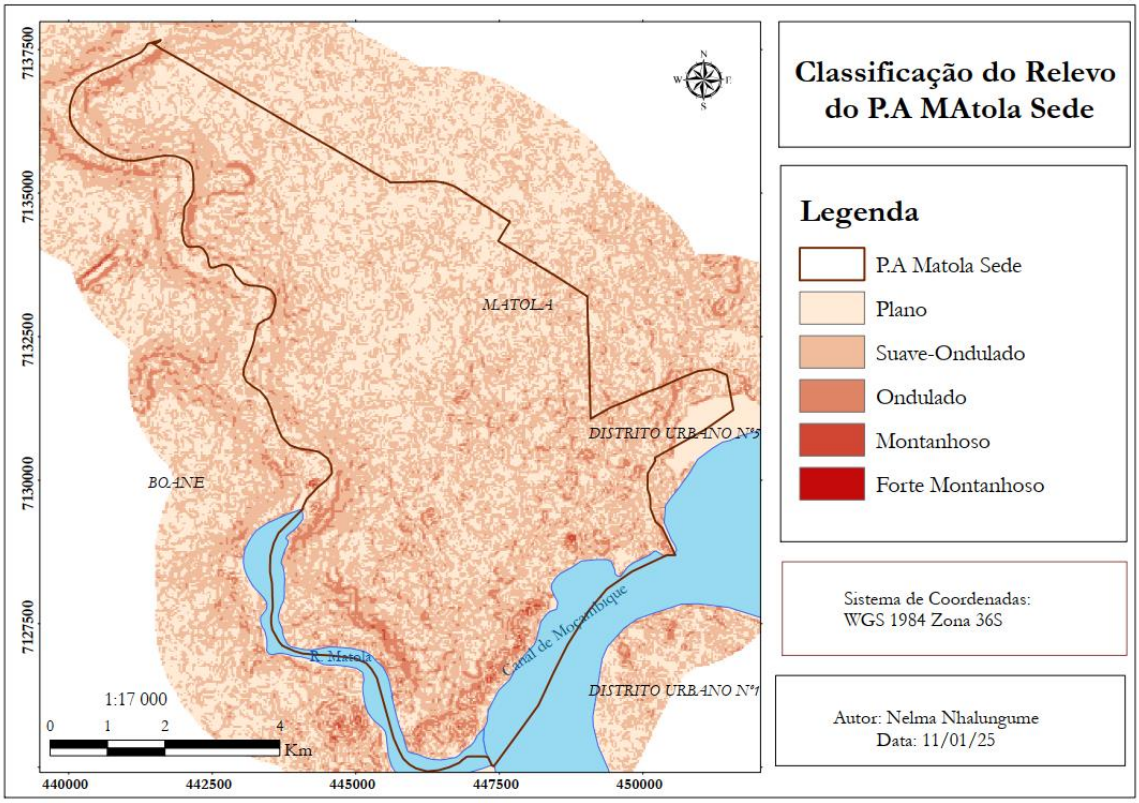


Figura 15: Classificação do Relevo

a) Reclassificação da declividade

Os marcos geodésicos de apoio imediato e os pontos topográficos devem estar situados de modo a permitir intervisibilidade com os pontos contíguos; devem ser localizados preferencialmente no cume das elevações e nos altos dos edifícios de grande porte, para o caso de redes activas.

Tabela 9: Classificação do Relevo Fonte Adaptado de EMBRAPA (1979)

Declividade (%)	Classificação	Reclassificação	Indicador
0 – 3	Plano	1	Alta adequabilidade
3 – 8	Suave-Ondulado	1	
8 – 20	Ondulado	1	
20 – 45	Forte-ondulado	0	Baixa adequabilidade
45 – 75	Montanhoso	0	
>75	Forte-Montanhoso	0	

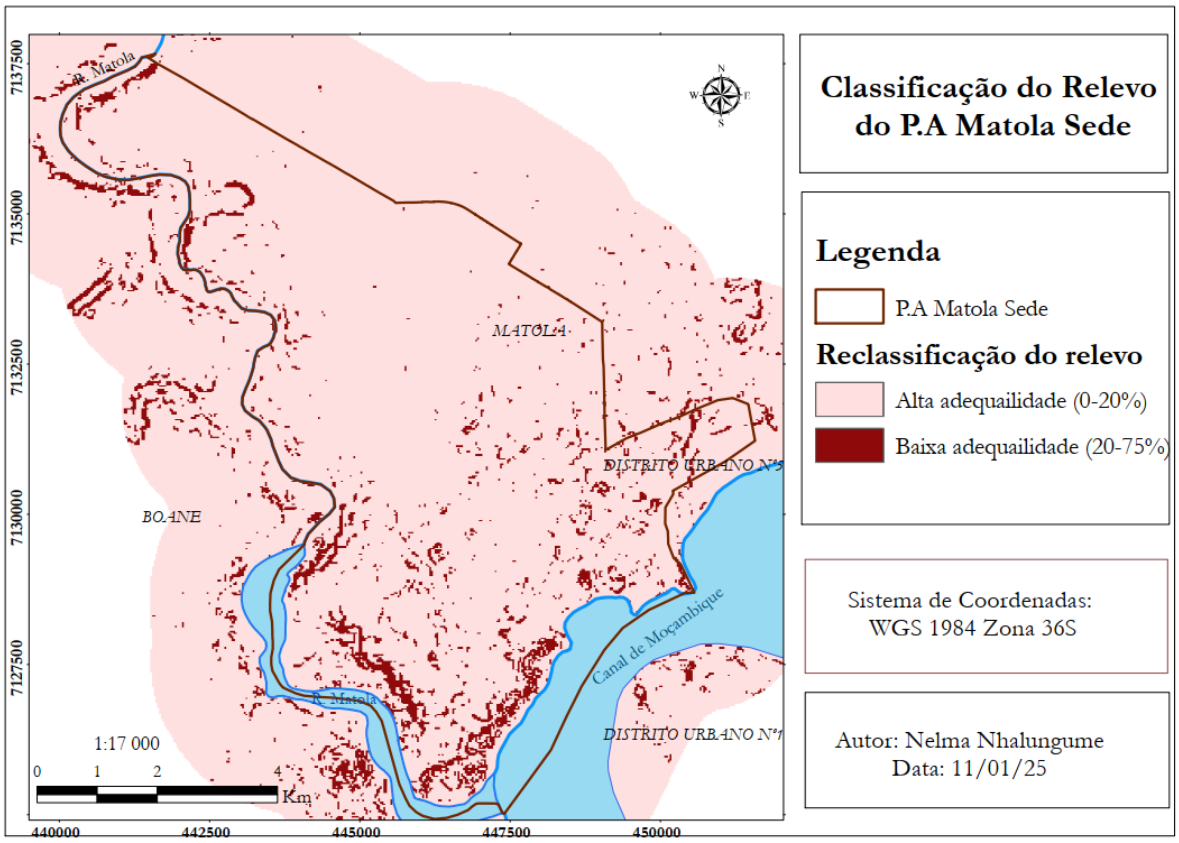


Figura 16: Reclassificação do relevo

A distribuição espacial das classes de relevo, apresentada acima (Figura 16), mostra maior concentração das áreas mais adequadas, zonas de relevo suave e Plano, estas que para além de serem importantes para o estabelecimento da intervisibilidade entre vértices, também oferecem melhores condições para a implantação estável dos marcos e facilitam o acesso para as operarações levantamentos topo-geodésicos e manutenção da RG.

4.3.2. Modelação da Intervisibilidade em função do Uso e Cobertura do Solo

A intervisibilidade entre os vértices geodésicos, é um factor importante pra os levantamentos topo-geodésicos, baseados em técnicas de topografia tradicional, que dependem de linhas de visada directa. Deste modo, a análise de classes de uso e cobertura do solo (figura 17) na modelação da intervisibilidade, permite identificar áreas com menor adequabilidade, em função da densidade da vegetação, e de outras estruturas físicas que podem comprometer a visibilidade entre as estacoes, e garantir que as áreas próximas ao local de implantação dos vértices, esteja desobstruída a 15° acima do horizonte, para os levantamentos baseados em técnicas de posicionamento terrestre por satélite, visto que em áreas de vegetação dessa e concentração de edifícios, ocorrem obstruções de sinal entre o receptor e os satélites.

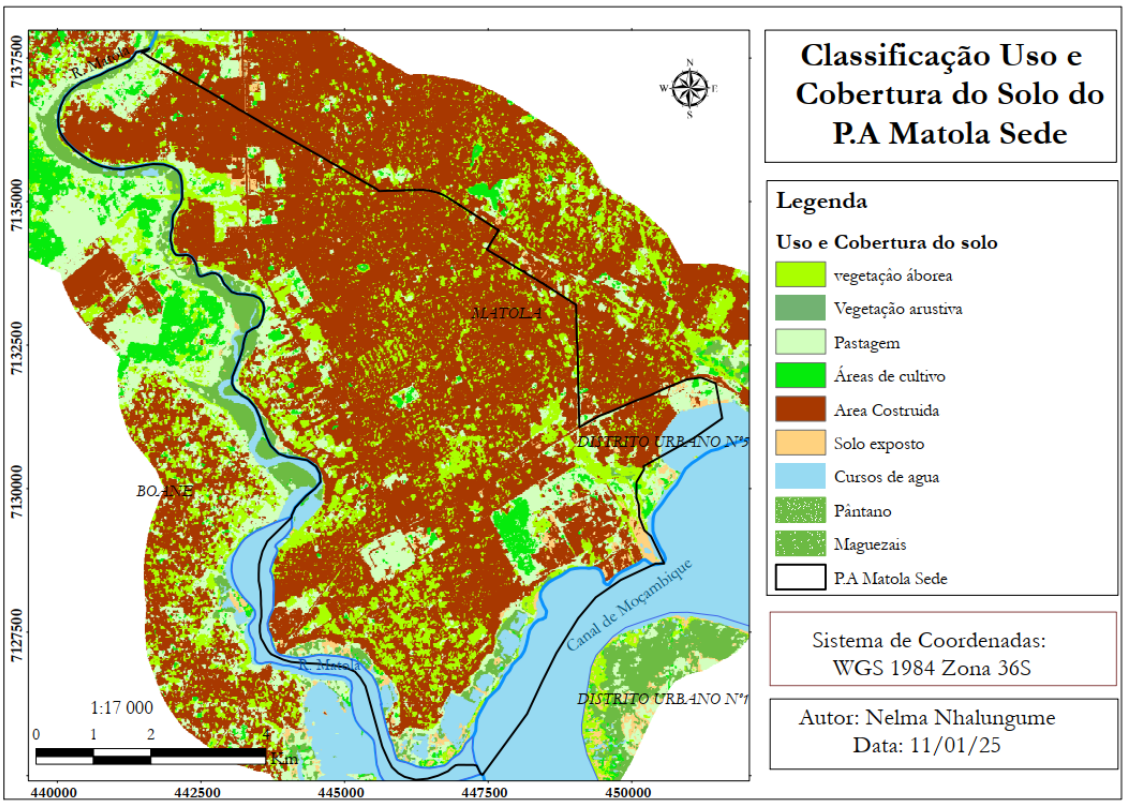


Figura 17:Classes de uso e cobertura do solo

4.3.2.1 Reclassificação do Uso e cobertura do solo

A reclassificação foi feita considerado os critérios definidos acima (vide capítulo 2.2.1), onde as áreas com cobertura vegetal são as menos adequadas, os cursos de água devem ser restringidos, as áreas com construções apresentam menor adequabilidade e as áreas de solo exposto e de pastagem apresentam maior adequabilidade para a localização dos vértices da RG. A reclassificação do uso e cobertura do solo, é apresentada a figura 18, que segue abaixo.

Tabela 10: Reclassificação das Classes de Uso e Cobertura do solo (Fonte: Adaptado de Collischonn (2013)).

Classificação	Indicador	Reclassificação
Vegetação arbórea	Baixa adequabilidade	0
Vegetação arbustiva	Baixa adequabilidade	0
Áreas de Pastagem	Alta adequabilidade	1
Áreas de Cultivo	Baixa adequabilidade	0
Área construída	Baixa adequabilidade	0
Solo exposto	Alta adequabilidade	1
Cursos de água	Baixa adequabilidade	0
Pântano	Baixa adequabilidade	0
Manguezais	Baixa adequabilidade	0

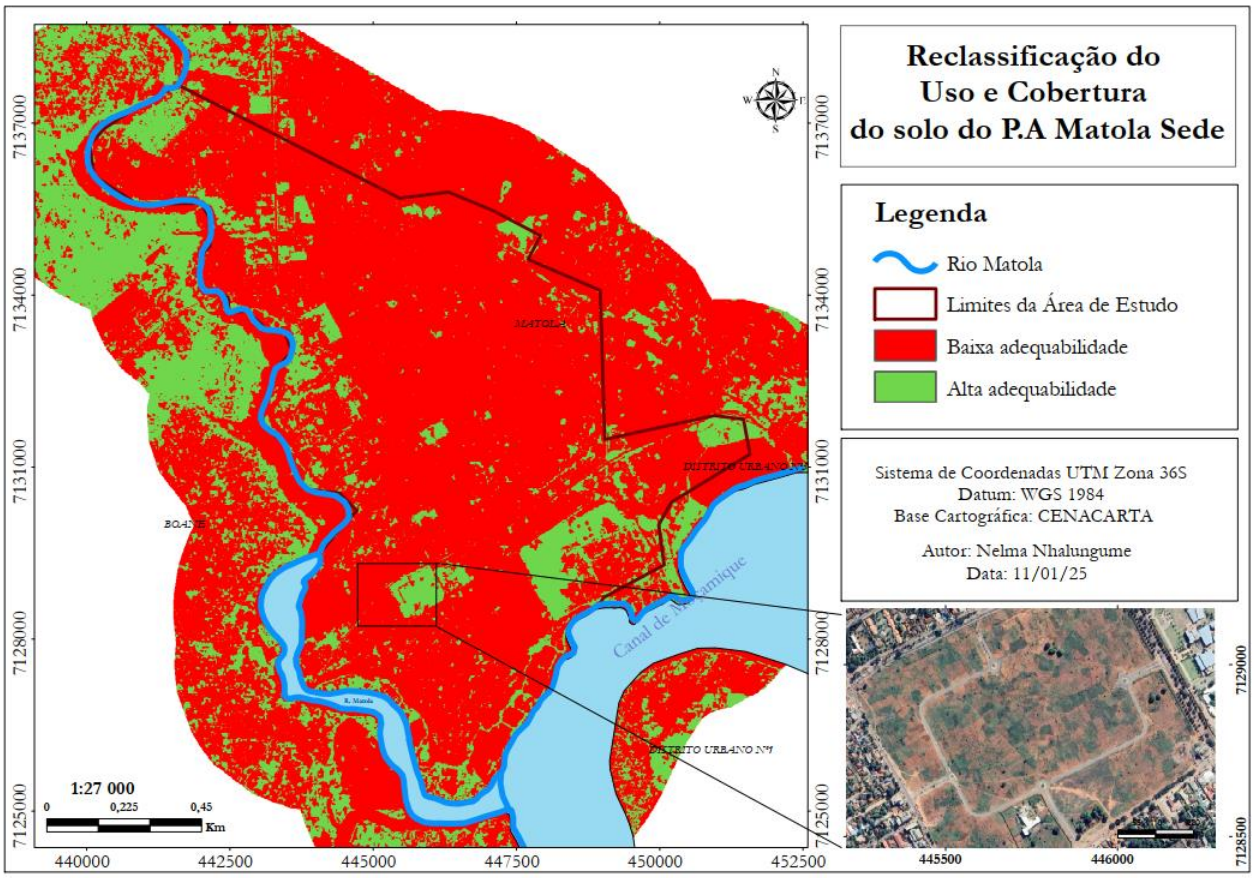


Figura 18: Reclassificação do uso e cobertura do solo

4.4. Adequabilidade para Implantação da Rede Geodésica

A análise da adequabilidade para a implantação de vértices geodésicos o PAMS, resulta do processo normalização de todos os factores, em uma escala de 0 ou 1 (Baixa adequabilidade e Alta adequabilidade respectivamente), no qual obteve-se 5 mapas, referentes a adequabilidade intermediária da área de estudo (figura 10, 11, 14, 16, 18,). A análise do relevo e do uso e cobertura do solo, foi feita com dados em modelo matricial, posteriormente convertidos para o modelo vectorial, e a adequabilidade final resultou da sobreposição de todas as camadas, excepto a camada de infraestruturas (figura 11), para a qual foi usada a ferramenta de análise vectorial *Intersect,* esta que identifica áreas em comum entre duas ou mais camadas de dados. A camada de infraestruturas não foi considerada no processo de sobreposição pois a distribuição das infraestruturas públicas não ocorre de forma homogénea, estando em sua maioria localizadas ao cetro do PAMS, o que influenciaria no resultado da interseção com as demais camadas. O mapa da figura 19 ilustra a adequabilidade na área de estudo para a implantação da RG.

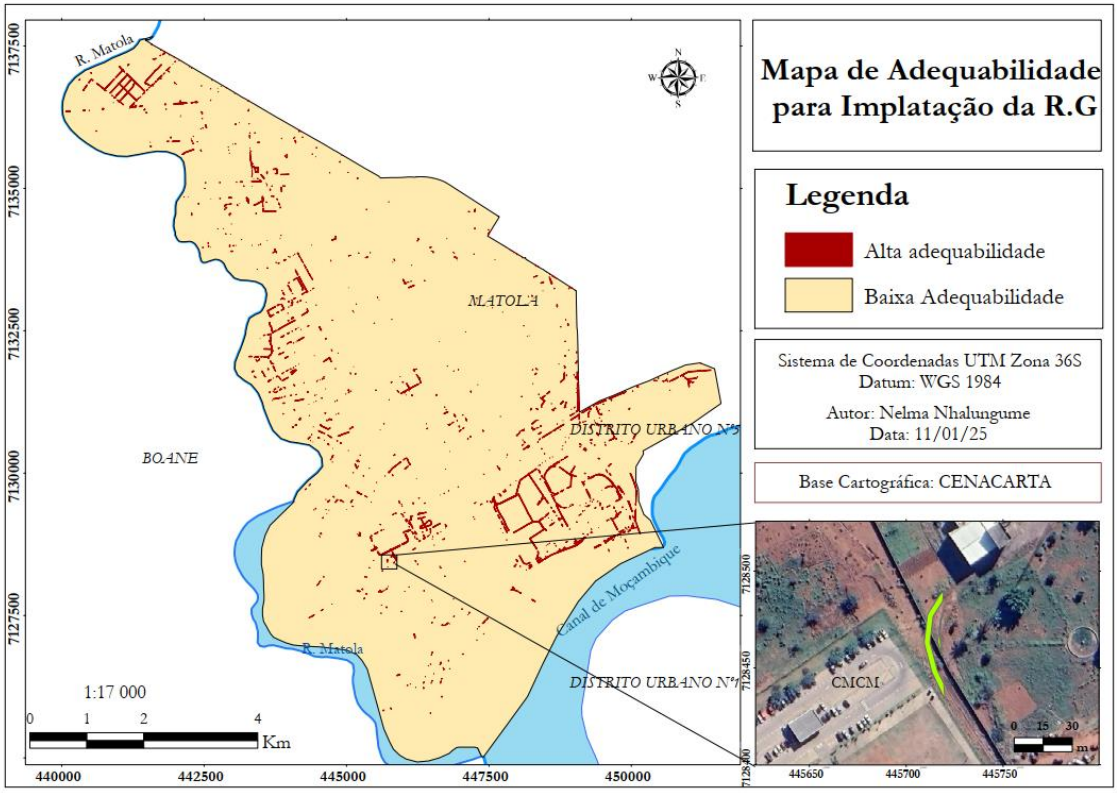


Figura 19: Adequabilidade para Implantação da Rede Geodésica

Os resultados finais da sobreposição foram classificados em dois grupos, que representam as áreas com baixa adequabilidade, onde não ocorre a interseção de todos os critérios, e alta adequabilidade para as áreas em que ocorre. Embora não tenha sido agregada a camada de infraestruturas no processo de sobreposição, o resultado para as áreas de alta adequabilidade, incluem, também, as áreas públicas, como o caso do CMCM, e da escola secundária da Matola, Escola Primaria da Matola D, e no Centro de Formação de quadros, para a implantação dos vértices.

4.5. Geometria proposta para a implantação da RG o P.A Matola Sede

A NBR 14166 estabelece que as áreas urbanizadas, as distribuição dos vértices deve ser de 1 a cada 3km^2 (vide o cap. 2.2.1), porém Agostinho (2007), para melhorar a viabilidade económica do processo de implantação, sugere que se implantem marcos somente em locais cuja utilização do referido marco seja necessária ou em posições consideradas estratégicas para o município, considerando as normas técnicas, e apresenta como proposta para "solucionar" esse inconveniente econômico que seja feita uma adaptação no texto das condições gerais, item 5.2, da NBR 14.166 (ABNT 1998), substituindo áreas rurais por áreas de expansão urbana e reduzindo o intervalo para um marco entre 9 km^2 e 36 km^2, solução esta, que entra em concordância com a classificação apresentada por Amaral (2019).

Desta feita, a identificação das áreas adequadas para a implantação dos vértices, será baseada classificação apresentada por Amaral (2019), (vide o cap. 2.2.1) e nas normas técnicas para materialização de Redes geodésicas de terceira ordem.

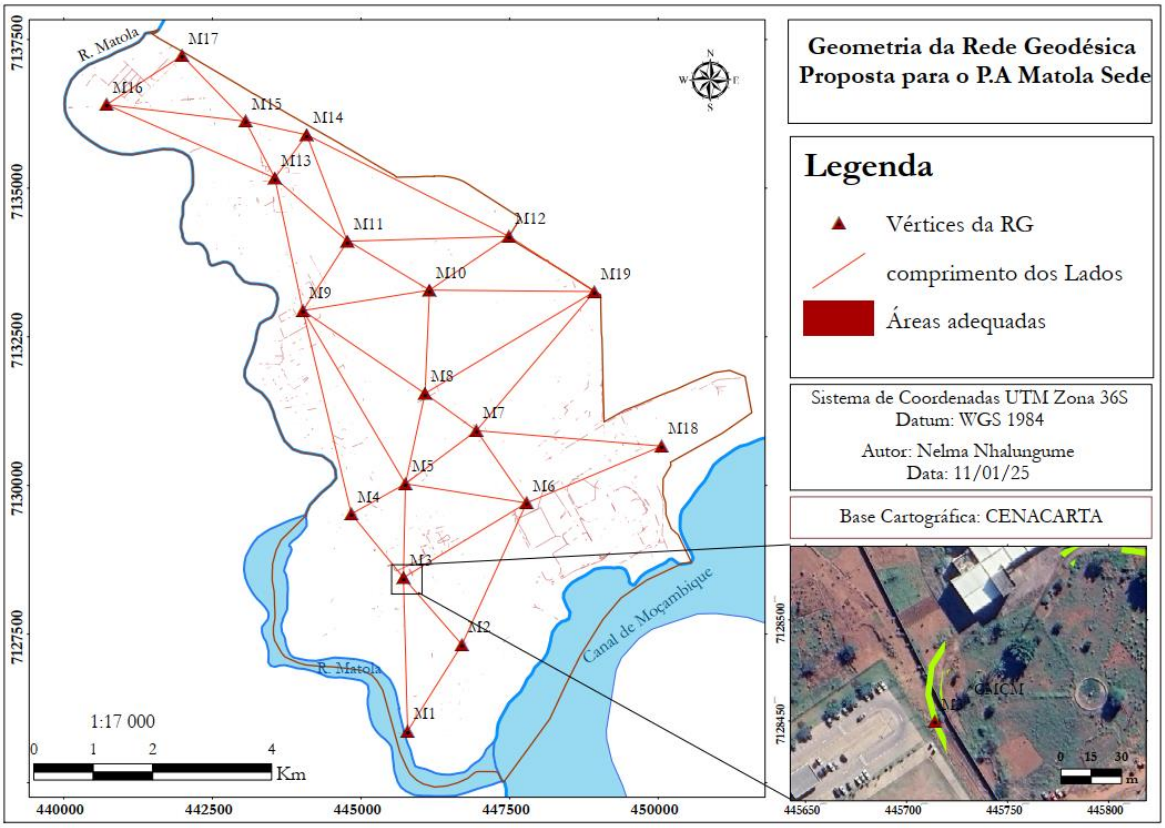


Figura 20: Geometria proposta para a implantação da RG do P.A Matola Sede

A figura acima (figura 20), representa a geometria da rede, espacialização dos marcos, e a sua distribuição no Posto Administrativo da Matola Sede. A proposta considera a implantação de 18 vértices, com distâncias que variam entre 1 a 5km

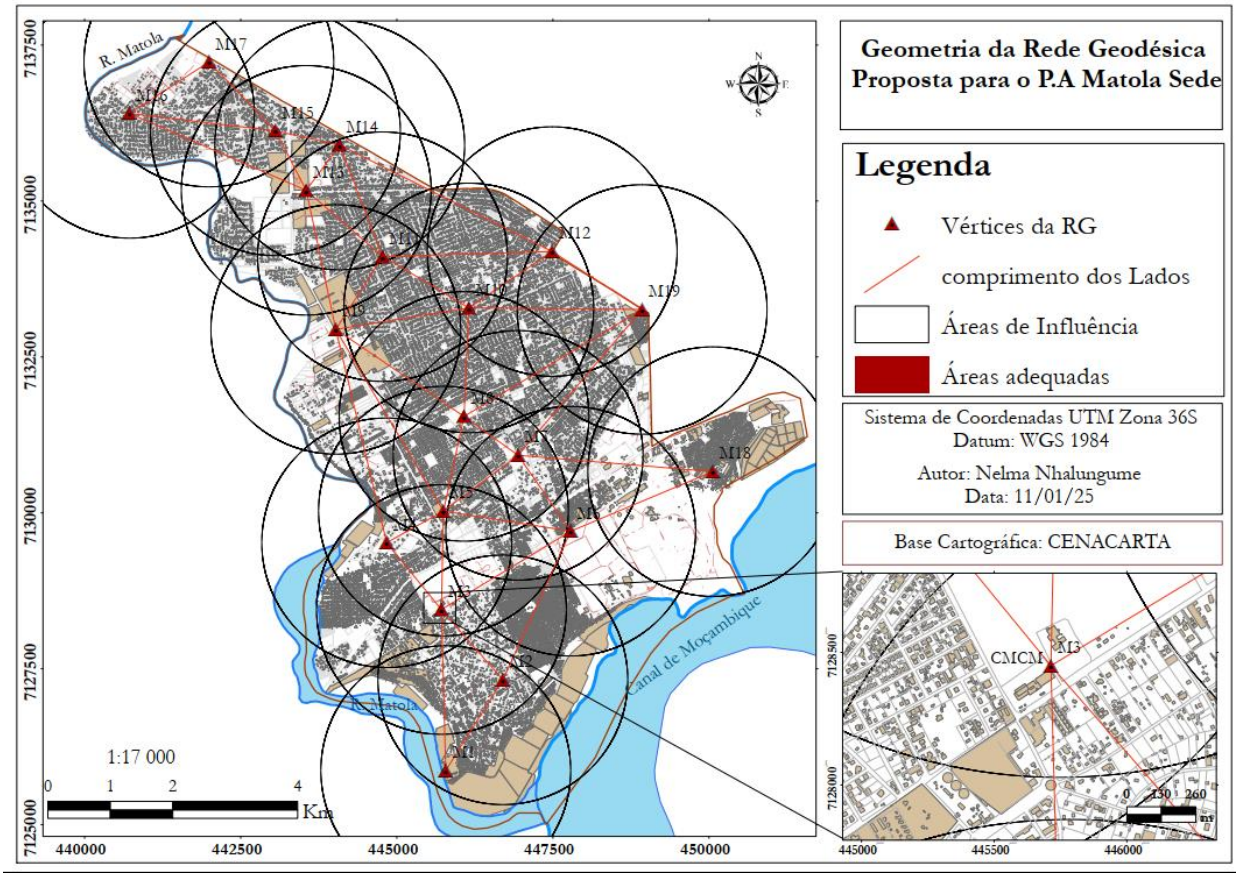


Figura 21: Espacialização dos marcos da rede

Considerando a recomendação para áreas urbanas, de densidade aproximada um para cada 9 km^2, foi estabelecido um raio de 2 km envolvendo cada vértice na área de estudo, localizando esses vértices preferencialmente em propriedades públicas. De acordo com a figura 23, é possível notar que, em toda a área da mancha urbana do P.A da Machava Sede, será possível realizar levantamentos topográficos formando linhas de base curtas, o que Torna possível um menor tempo de rastreio.

4.5.1. Representação dos Vértices em Imagens satélite de alta resolução espacial

Na imagem apresentada abaixo (figura 24) observa-se a sobreposição de vértices geodésicos em uma imagem satélite de alta resolução espacial. Esta combinação, integrada aos SIG, permite identificar com maior detalhe a área onde estão localizados os vértices, e contribuí para a visualização regular dos vértices em imagens actualizadas, permitido, deste modo, o monitoramento de mudanças em torno das áreas de implantação dos vértices, como crescimento de vegetação, e edificações, bem como identificar necessidades de manutenção ou realocação dos vértices..

Figura 22: Marco M1, M2, M3,M4, M5,M6

Tabela 11: Localização relativa e absoluta dos vértices

Número de ordem	Localização relativa	Localização absoluta	
		Latitude	Longitude
M1	Escola de Pesca	25°59'5.85"S	32°27'30.00"E
M2	Rua Rogério Muguanana	25°58'18.75"S	32°28'3.10"E
M3	Conselho.M.Cidade da Matola	25°57'41.97"S	32°27'27.87"E
M4	Zona Sul da Escola do Partido FRELIMO	25°57'7.03"S	32°26'56.52"E
M5	Escola Secundária da Matola	25°56'50.65"S	32°27'29.30"E
M6	Av. União Africana, Língamo	25°57'1.42"S	32°28'42.52"E

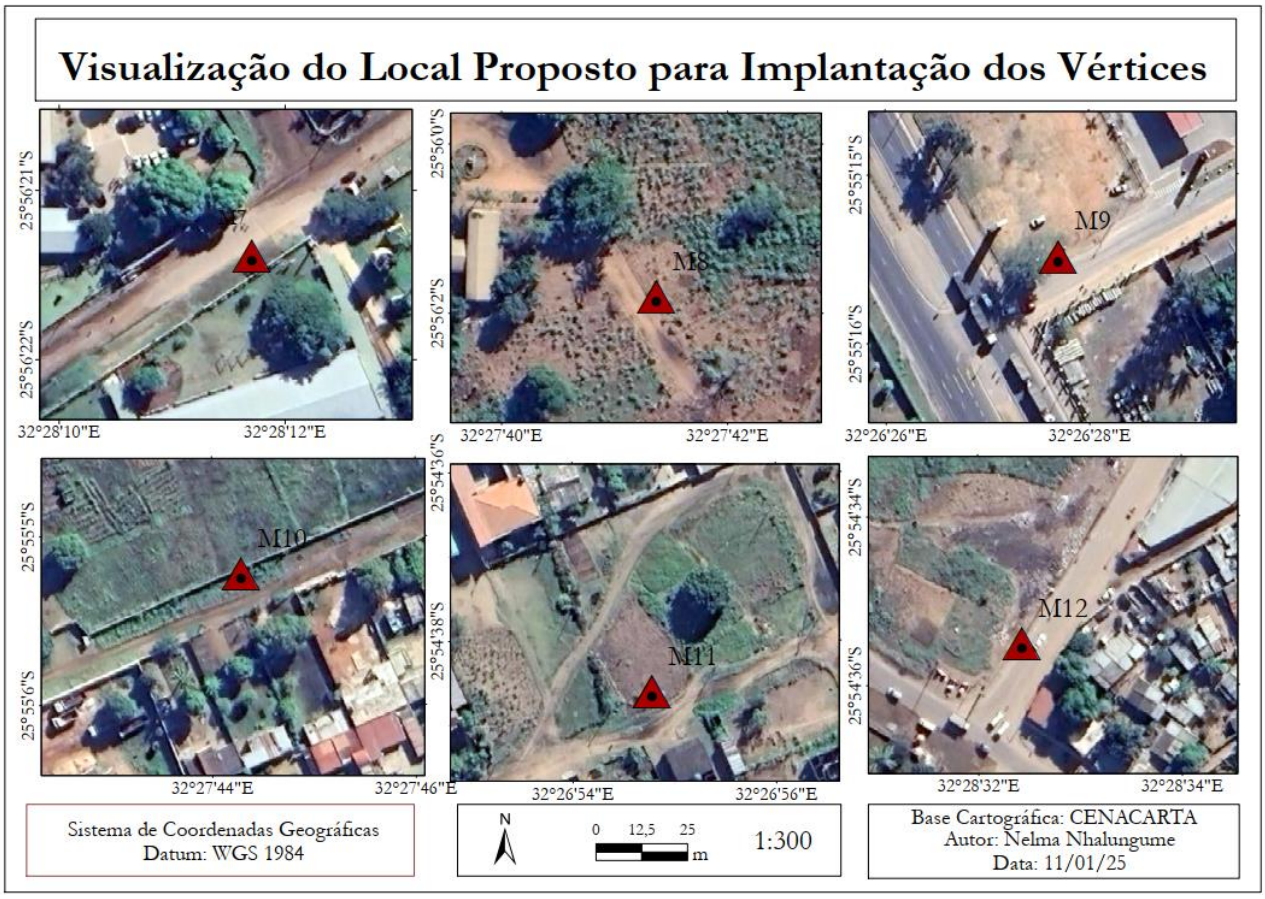


Figura 23: Marcos M7, M8. M9, M10, M11, M12

Dos marcos representados (figura 23), apenas dois estão localizados em áreas pulicas com a devida proteção, e os quatro restantes, estão localizados em áreas próximas a vias de acesso terciárias.

Tabela 12: Localização relativa e absoluta dos vértices M7 à M12

Número de ordem	**Localização relativa**	**Localização absoluta**	
		Latitude	**Longitude**
M7	Instituto Industrial e Comercial da Matola	25°56'21.75"S	32°28'12.41"E
M8	Escola de formação de Quadros	25°56'1.35"S	32°27'41.37"E
M9	Próximo ao ShopExpress Matola	25°55'15.73"S	32°26'27.77"E
M10	Próximo a E.S. da Liberdade	25°55'4.84"S	32°27'44.36"E
M11	Rua da escola P.Liqueleva	25°54'37.95"S	32°26'54.85"E
M12	Av. Indústrias, Liberdade shopping	25°54'35.63"S	32°28'32.49"E

3

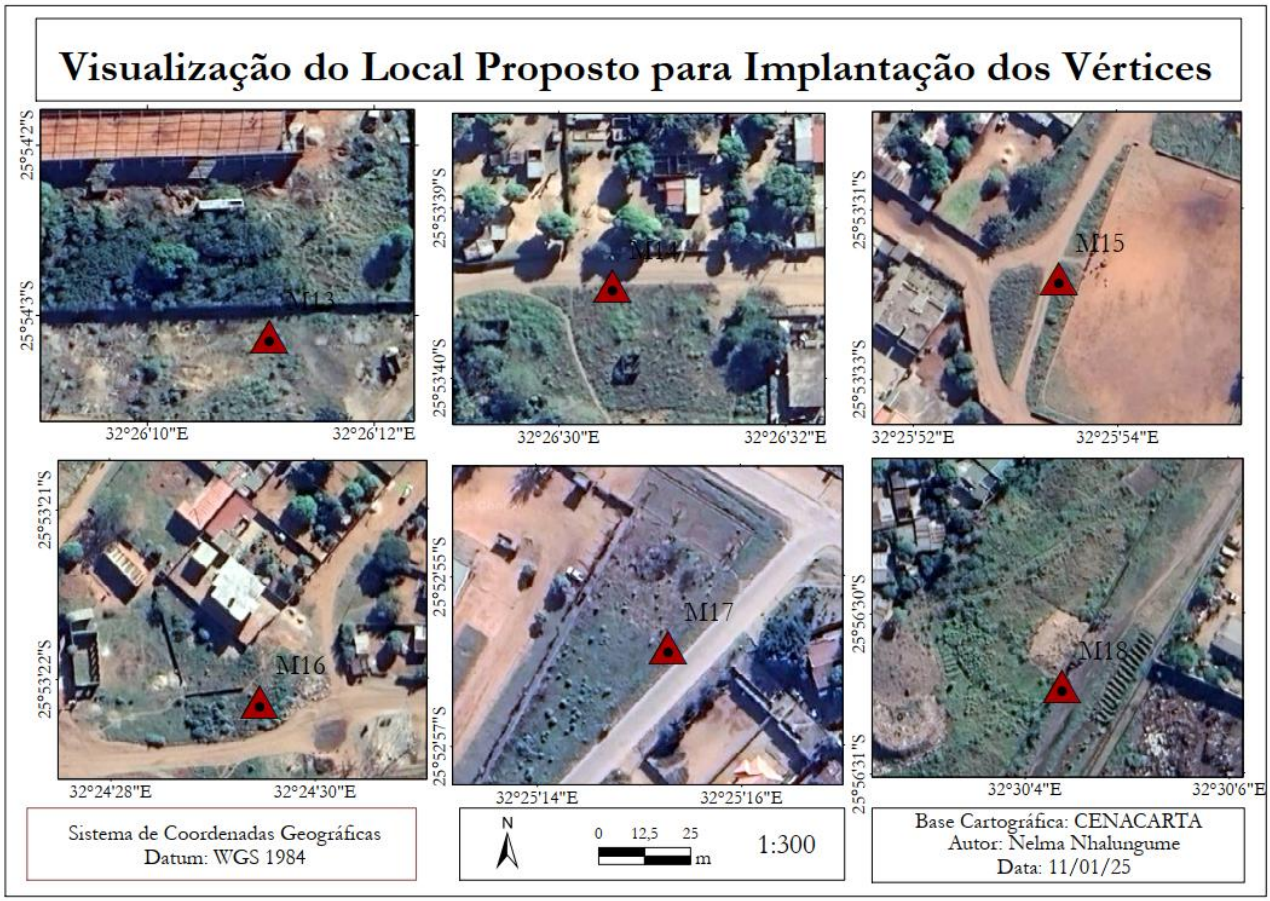


Figura 24: Marcos M13, M14, M15, M16, M17, M18

Tabela 13: Localização relativa e absoluta dos vértices M12 à M18

Número de ordem	Localização relativa	Localização absoluta	
		Latitude	Longitude
M13	Av. Indústrias, próximo a paragem Zuid	25°55'6.00"S	32°29'24.14"E
M14	Norte da E.S.Malhampsene	25°53'39.68"S	32°26'30.47"E
M15	Campo de Malhampsene	25°53'32.12"S	32°25'53.51"E
M16	Terminal rodoviário Malhampsee-7º Poste	25°53'22.70"S	32°24'29.54"E
M17	Escola de Comunicações	25°52'56.13"S	32°25'15.36"E
M18	Próximo aos armazéns Olam internacional	25°56'30.25"S	32°30'35.12"E

4.6. Proposta para o levantamento das coordenadas dos vértices da Rede Geodésica

Para o rastreio dos vértices, deverá ser adoptado o posicionamento Relativo Estático, este que está relacionado à determinação da posição de objetos com relação a um referencial específico. O posicionamento pode ser classificado em absoluto, quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro, e relativo, no caso em que as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. O objecto a ser posicionado pode estar em repouso ou em movimento, o que gera um complemento à classificação com relação ao referencial adoptado. No primeiro caso, trata-se do posicionamento estático, enquanto o segundo diz respeito ao posicionamento cinemático (Monico, 2008). A figura 16 ilustra os vértices da rede Geodésica de apoio topográfico da Cidade de Maputo.

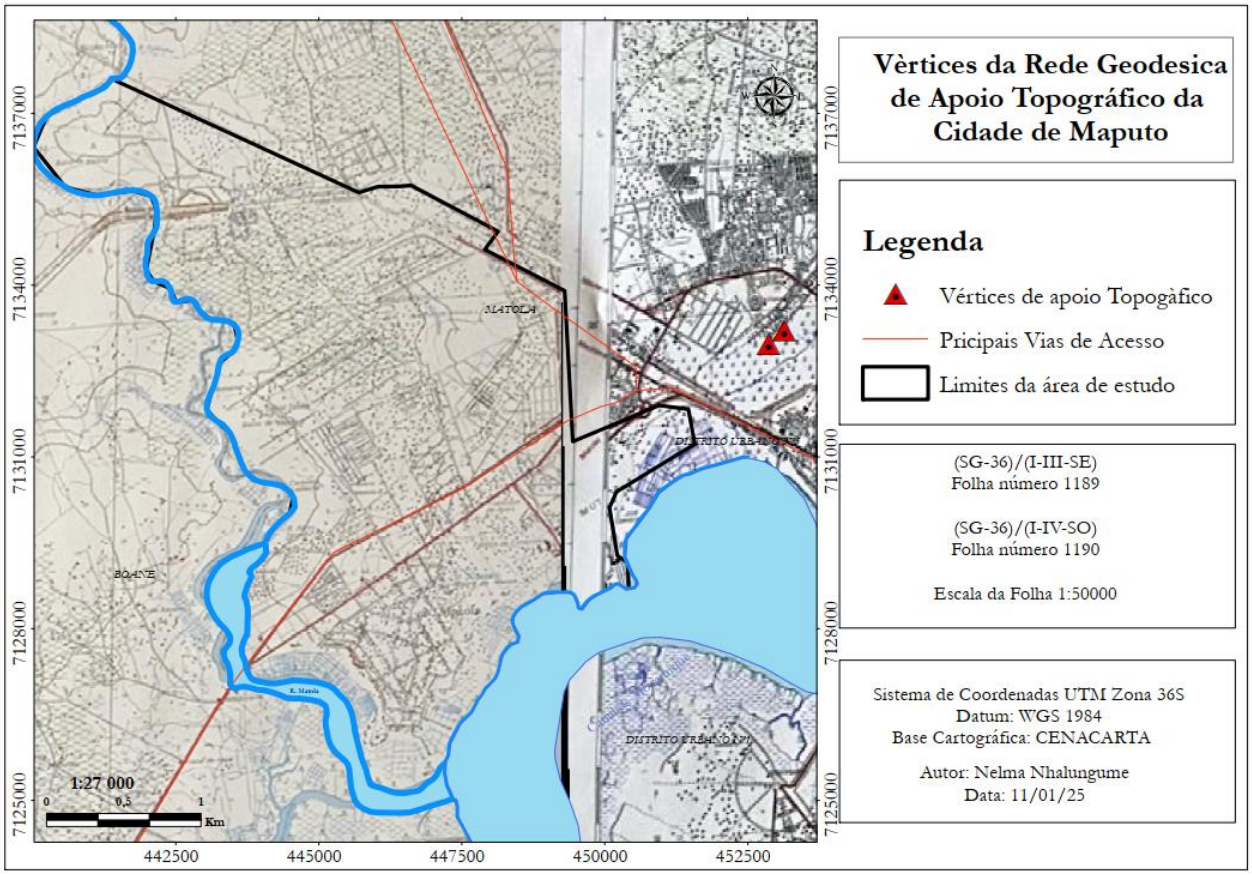


Figura 25: Vértices Base da Rede de Base

O levantamento da rede será dividido em duas sessões envolvendo os vértices que servem de pontos de controle e os outros vértices que formam a Rede Geodésica do PAMS, com base nos dados obtidos no processamento dos pontos de controle (as linhas base e as suas precisões), devendo ser realizado, posteriormente, o ajustamento das Observações. Primeiramente, será realizado o ajustamento pelo método paramétrico para se determinar as coordenadas, bem como os respectivos desvios-padrão,

dos vértices base da rede, ou seja, os pontos de controle, com relação aos marcos oficiais do Município de Maputo (figura 25), utilizando as linhas-base obtidas no processamento. Em seguida, e utilizando as coordenadas e precisões dos vértices base da rede, a rede será ajustada a partir das observações, ou seja, as componentes das linhas-base da rede. Após esse ajustamento, obtêm-se as coordenadas, bem como as respectivas precisões, dos vértices da rede geodésica.

4.6.1. Configurações e critérios técnicos para o posicionamento terreste por GNSS

A coleta de dados deve ser realizada de acordo com os seguintes critérios:

a) **As observações deverão ser coletadas com receptores geodésicos de dupla frequência (L1 e L2)**

   A utilização de receptores GNSS de dupla frequência é fundamental em levantamentos geodésicos de precisão, pois possibilita a eliminação ou mitigação de erros relacionados à ionosfera. As frequências L1 (1575,42 MHz) e L2 (1227,60 MHz) permitem a formação de observáveis como a dupla diferença da fase da portadora, que tem menor ruído e maior precisão que os pseudodistanciômetros baseados no código(Hofmann-Wellenhof et al., 2008).

b) **Para realizar o posicionamento relactivo o usuário deve dispor de dois ou mais recetores, utilizando as duplas diferenças (DD) como observáveis fundamentais, com pelo menos dois satélites em comum.**

c) **PDOP melhor que 5;**

   PDOP (*Position Dilution of Precision*) representa a influência da geometria dos satélites na qualidade do posicionamento (vide a secção 2.2.2.1.1.). Valores inferiores a 5 indicam boa geometria espacial (Vide a tabela 2), resultando em maior precisão posicional.

d) **Máscara de elevação de 15°**

   A adoção de máscara de elevação de 15° visa evitar a recepção de sinais de satélites muito próximos ao horizonte, que são mais sujeitos a multipercussão e atenuação atmosférica, prejudicando a qualidade dos dados observados em campo (Hofmann-Wellenhof et al., 2008).

e) **Taxa de observação de 15 segundos;**

   A taxa de colecta de dados de 15s é adequada para levantamentos estáticos, pois equilibra o armazenamento de dados, mantendo o detalhamento necessário para a posterior modelagem de ambiguidades e correções das observações.

f) **Centralização e nivelamento das antenas;**

   A centragem da antena consiste em tornar-se alinhado verticalmente seu centro geométrico com o ponto de referência do marco. A medida da altura da antena, vertical ou inclinada deve ser realizada em relação ao ponto de referência da antena, o qual é identificado pelo fabricante; Para que as

correções do centro de fase da antena possam ser adequadamente aplicadas é necessário orientá-la para a direção norte, (IBGE, 2017).

g) **Deverão ser observadas 4 (quatro) sessões para a determinação da estação** (Filho, 2018)**;**

h) **Duração de cada sessão deverá ser de 6h (seis horas) no mínimo** (Filho, 2018)**.**
Para o posicionamento GNSS estático, a duração da sessão de observação influenciará diretamente na precisão das coordenadas estimadas. As tabela 1 apresenta estimativas de precisão para posicionamento absoluto e relativo em função do tempo de observação e tipo de equipamento utilizado(IBGE, 2017).

i) **O intervalo entre as sessões será no mínimo 1h (uma hora) e no máximo de 48h (quarenta e oito horas)** Filho (2018)**;**

j) **A antena deve ser sempre fixada em um tripé com base nivelante ou em um marco/pilar com dispositivo de centragem forçada.**

k) **Os Levantamentos não deverão ser realizados com bipé ou tripé com bastão. Esta orientação tem por objetivo evitar problemas de centragem;**

A combinação adequada entre o equipamento, o método de posicionamento e o programa de processamento de dados GNSS, possibilita que a grande maioria dos erros seja reduzida ou eliminada de forma satisfatória, conduzindo à obtenção de coordenadas com precisão centimétrica. Entretanto, há dois erros que ocorrem exclusivamente por falha humana, sendo eles: a centragem da antena na referência do marco e a medição de sua altura. Com o propósito de reduzir estas fontes de erro, sugere-se o uso de base nivelante para ajudar na centragem. A medição da altura da antena deverá ser realizada entre a referência do marco e o Ponto de Referência da Antena (*Antenna Reference Point - ARP*), de forma vertical ou inclinada, dependendo da configuração do marco e do tipo de equipamento utilizado. Pode-se reduzir também o erro de centragem utilizando um marco com dispositivo de centragem forçada instalado no seu topo (IBGE, 2017).

Para o posicionamento GNSS, propõe-se o uso do receptor **Topcon hiper 2,** este que é um equipamento com mais de 72 canais universais, capaz de rastrear siais das constelações GPS, GLONASS, e sistemas de aumentação por satélite, o que garante maior robustez no rastreio de sinais satélite e melhora a geometria (DOP), e maior continuidade o rastreio dos sinais de satélite. Abaixo é apresentada a descrição (vide a figura 26 e tabela 11)

Figura 26: Receptor GNSS TOPCON Hiper 2

Figura 27: Legenda da interface do usuário do receptor GNSS TOPCON Hiper 2

1. Antena GNSS L1/L2
2. Ecrã LED
3. Temporizador de secção
4. Módulo Interno de Bluetooth
5. Botão de Ligar\Desligar
5. Bateria
6. Receptor GNSS
7. Conexão Bluetooth
8. Rádio Interna e\ou GSM\GPRS
10. Conexão de Radio
11. Conexão em série
12. Memoria Removível
13. Número de satélites rastreados

Tabela 14: Ficha técnica do receptor TOPCON Hiper 2 (Fonte: TOPCON (2024))

Categoria		**Descrição**
Número de canais		72 Canais
Constelações		L1 CA[3], L1/L2 Código-P[4], L2C GLONASS L1/L2 CA, L1/L2 Código-P SBAS[5] WAAS[6], EGNOS[7], MSAS[8]
	Precisão dos Levantamentos	
Estático	L1+L2	H: 3 mm ± 0.5 ppm V: 5 mm ±0.5 ppm
	L1	H: 3 mm ± 0.8 ppm V: 4 mm ± 1 ppm
Cinemático	L1+L2	H: 10 mm ±1 ppm V: 15 mm ± 1 ppm
RTK	L1+L2	H: 10 mm ± 1 ppm V: 15 mm ± 1 ppm
DGNSS		<0.3 m
	Gestão De Dados	
Formato de dados		RTCM[9] SC104 2.1/2.2/2.3/3.0/3.1, CMR[10], CMR+, NMEA[11], TPS
Rádio UHF		Interna, receptor (RX) e transmissor (TX), 410 a 470 MHz
Modem GSM		Interno
	Proteção ambiental	
Proteção de água		IP67 (IEC 60529:2001) com todos os conectores cobertos Proteção contra imersão temporária até 1 m de profundidade
Temperatura de uso		–40ºC a +65ºC / –45ºC a +70ºC
Peso de receptor		1.1 kg / 195 g
Bateria padrão BDC58		Bateria de íons de lítio removível e recarregável, 7,2 V, 4,3 Ah
Tempo de uso a 20°C		>7,5 horas em modo estático com conexão Bluetooth
Tempo de recarga do carregador CDC68		Aprox. 4 horas a 25ºC (de 100 a 240V AC (50/60 Hz)*4)
Alimentação externa		Tensão de entrada 6,7 a 18 V DC

A partir dos dados apresentados na tabela 14, nota-se que o receptor GNSS apresentado é avançado, projetado para operações precisas e confiáveis em ambientes variados. Sua combinação de características,

[3] Coarse/Acquisition code
[4] Precise ou Protected
[5] Sistema de Aumento Baseado em Satélite
[6] Wide Area Augmentation System
[7] European Geostationary Navigation Overlay Service
[8] Multi-functional Satellite Augmentation System
[9] Radio Technical Commission for Maritime Services
[10] Compact Measurement Record
[11] National Marine Electronics Association

incluindo múltiplas constelações, alto número de canais, proteção ambiental, e flexibilidade em formatos de dados, fazem dele uma ferramenta valiosa para aplicações em geodesia, levantamento topográfico, e uma variedade de outras indústrias que dependem de precisão de posicionamento.

Considerando a recomendações para o levantamento das coordenadas dos vértices de redes geodésicas municipais que definem que estas devem ser feitas através do posicionamento Relativo Estático, o uso do receptor Topcon Hiper 2, é compatível as exigências acima referidas (vide o capitulo 4.6), uma vez que este permite alcançar erros mínimos em modo estático de 3 mm ±0.5 ppm para as coordenadas horizontais e 5 mm ± 0.5 ppm para as coordenadas verticais. Do poto de vista operacional, este equipamento possui interface simplificada, com comunicação via Bluetooth e capacidades para memoria externo, garantido o armazenamento de grades volumes dados.

5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, aplicando a metodologia proposta, conclui-se que é possível repetir os mesmos processos para outros municípios Moçambicanos de pequena e média extensão, para implantação de Redes Geodésicas. A utilização conjunta dessas geotecnologias, associada a outros dados espaciais, permite não apenas a obtenção de coordenadas precisas, mas também, a análise detalhada do cotexto espacial onde os vértices geodésicos estarão inseridos, bem como a identificação de locais estratégicos para a implantação dos vértices, garantido uma distribuição espacial mais adequada.

Este trabalho apresentou os procedimentos para a implementação dos marcos geodésicos e os procedimentos para sua execução. A próxima etapa, será a execução da construção dos marcos, rastreio e processamento de cada ponto, a fim de seguir o que pede as diretrizes da NBR 14.166 quanto a homologação e padronização de marcos geodésicos, e por fim determinar as monografias de cada ponto.

A maior dificuldade percebida na presente pesquisa foi o acesso a dados vectoriais referentes a infraestruturas e equipamentos sociais e a falta dos estudos, a nível Nacional, relacionados as etapas para alcançar o planeamento e materialização de RG. Isso deve-se também ao facto de não haver especificações técnicas e/ou normas especificas para a implementação de Redes Geodésicas a nível nacional. Ao se estabelecer esse tipo de normas técnicas os municípios poderão ter maior clareza sobre a implantação, e consequentemente, poderão buscar a execução de redes Geodésicas para de diferentes projectos de engenharia e de gestão territorial.

Desta feita, é recomendado que futuras pesquisas acadêmicas considerem o uso de dados referentes a altura dos edifícios, para melhorar a análise da intervisibilidade entre os vértices e possam implantar e homologar a RG e dar continuidade ao processo para os demais Postos administrativos do Município da Matola e em todo território Nacional, para criação de um sistema de referência Nacional consistente e actualizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, J. C. (2007). *Gestão Municipal Com O Uso De Geotecnologias:* [Mestre Em Engenharia Civil, Universidade Estadual De Campinas]. Https://Doi.Org/10.47749/T/Unicamp.2007.413401

Alves, A. C. R. (2020). *Mapeamento Das Ocupações Irregulares Nas Apps Do Trecho Urbano Do Córrego Mumbuca Em Monte Carmelo - Mg*. Universidade Federal De Uberlândia.

Amaral, C. N. D. N. (2019). *Implantação De Uma Rede Geodésica Planimétrica No Distrito De Mosqueiro, Belém - Pa*. Universidade Federal Rural Da Amazônia.

Amaral, C. N. D. N. (2019). *Implantacao De Uma Rede Geodésica Planimetríca No Distrito De Mosqueiro, Bèlem-Pa*. Universidade Rural Da Amazônia.

Anflor, Pg. P., Jefferson Lamb Valerio, & Lopes, P. R. De S. (2018). *Mapeamento Para Gestão De Propriedade Rural Contemplandocertificação E Cadastro Ambiental*. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

Cerqueira, J. D. M. (2004). *Ortorretificação Digital De Imagens De Satélites De Alta Resolução Espacial*. Niversidade Federal De Pernambuco.

Collischonn, C. (2013). *Planejamento, Materialização E Cotrole De Qualidade De Rede Geodésica*. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sull.

De Oliveira, A. P., & Statella, T. (2017). Implantação De Estação Planimétrica Geodésica Nas Dependências Do Campus Bela Vista Do Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Mato Grosso (Ifmt). *Revista Brasileira De Geomática*, *5*(4), 543. Https://Doi.Org/10.3895/Rbgeo.V5n4.5515

Filho, Á. A. D. S. (2018a). *Etapas Para Implementação De Uma Rede Municipal De Referência - RMR: Estudo De Caso No Município De Paudalho*. Universidade Federal De Pernambuco.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *Gnss--Global Navigation Satellite Systems: Gps, Glonass, Galileo, And More*. Springer.

Ibge, N. B. D. G. E. E.-. (2017). *Especificações E Normas Para Levantamentos Geodésicos Associados Ao Sistema Geodésico Brasileiro*.

Ibge (2008) *Padronização De Marcos Geodésicos,* Diretoria De Geociências

Klein, I. (2014). *Proposta De Um Novo Método Para O Planejamento De Redes Geodésicas* [Doutorado]. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sull.

Lopes, E. E. (2009). *Proposta Metodológica Para Validação De Imagens De Alta Resolução Do Google Earth Para A Produção De Mapas*. Universidade Federal De Santa Catarina.

Luz, V. J. S. (2019). *Implantação De Uma Rede Geodésica Com Gnss No Campus Araras Da Ufu De Monte Carmelo*.

Miquidade, A. A. (2018). *Morfologia Urbana Da Matola: Tendências De Crescimento Da Cidade*. Universidade De Porto.

Perini, A. B., & Furasté, R. E. (2011). *Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul*.

Rodrigues, H. L. A., Borges, M. G., & Leite, M. E. (2017). *Identificação De Equipamentos Urbanos E Comunitários Na Cidade De Brasília De Minas Através Do Sas.Planet*.

Rosa, R. S. (2017a). *Implantação De Uma Rede Geodésica Horizontal No Municipio De Monte Carmelo – Mg*.

Rosa, R. S. (2017b). *Implantação De Uma Rede Geodésica Horizontal No Município De Monte Carmelo – Mg*.

Sambo, S. D. (2015). *Tema De Informação Geográfica E Detecção Remota Aplicados A Adequabilidade De Habitat Do Mosquito Vector Da Malária: Anophele Gambiae*. Niversidade Eduardo Mondlane.

Santos, P. C. (2012). *Cem Anos De Geodesia Em Moçambique, Da Missão Geodésica Da África Oriental Ao Protocolo De Cooperação Luso-Moçambicano*.

APÊNDICES

Apêndice I: RMS da Correção Geométrica

Link

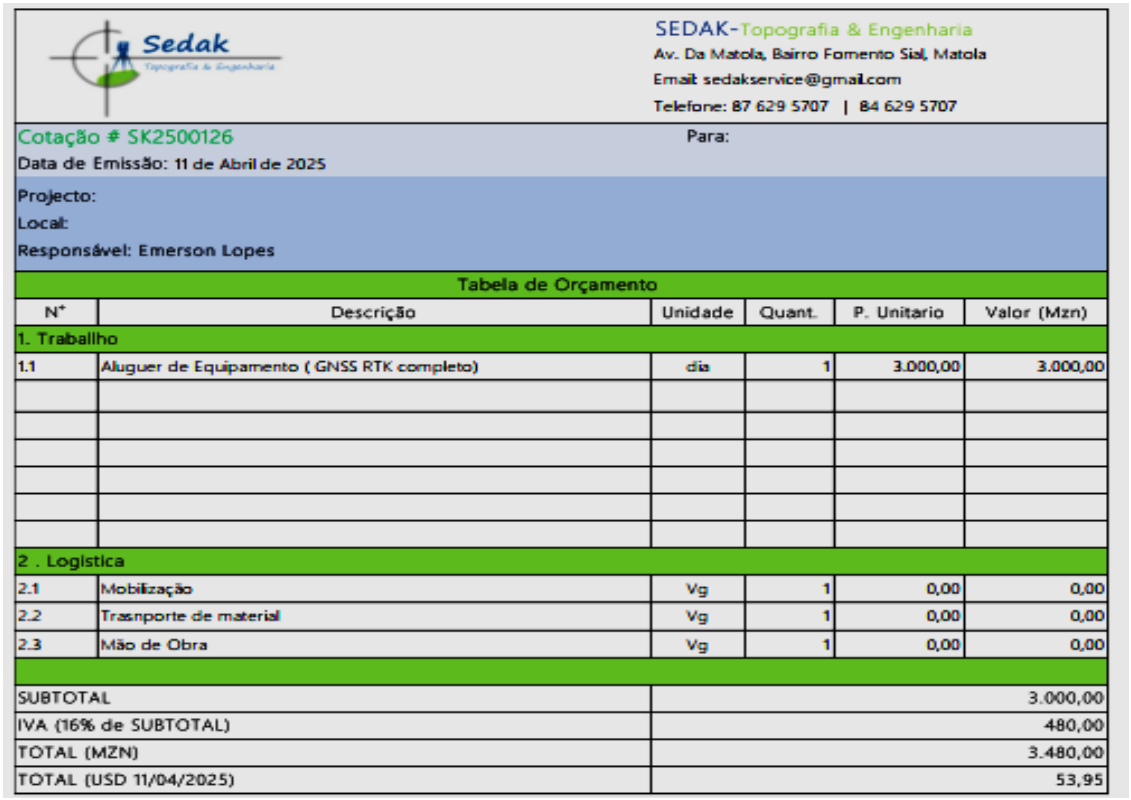
Total RMS Error: Forward:0,000164651

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	445874,46897...	7131164,1414...	442194,27732...	7131957,9082...	-0,00007505	-0,00000119	0,00007506
2	445954,64025...	7129343,9369...	442274,44861...	7130137,7037...	-0,00021202	0,00018724	0,00028286
3	449060,19334...	7131056,7867...	445380,00169...	7131850,5535...	-0,00007402	0,00011372	0,00013569
4	443303,23203...	7135117,6283...	439623,04038...	7135911,3951...	-0,00007731	0,00008895	0,00011785
5	447392,88607...	7130006,7111...	443712,69443...	7130800,4780...	-0,00014708	-0,00002634	0,00014942
6	446932,77474...	7131498,6995...	443252,58309...	7132292,4664...	-0,00015595	0,00015344	0,00021878
7	448123,40212...	7128418,9434...	444435,27296...	7129220,6477...	-0,00007977	0,00011396	0,00013910
8	443984,70582...	7132914,6247...	440304,70400...	7133708,2017...	-0,00004053	0,00016440	0,00016932
9	448963,01312...	7133233,7520...	445300,38599...	7134009,9543...	-0,00008688	-0,00004022	0,00009574
10	445236,06751...	7134675,6456...	441562,60000...	7135462,6000...	-0,00015869	0,00002441	0,00016056

Auto Adjust — Transformation: 3rd Order Polynomial

Degrees Minutes Seconds — Forward Residual Unit : Unknown

Apêndice II: Custos[12] para Locação do Receptor Topcon Hiper 2



Sedak
Topografia & Engenharia

SEDAK-Topografia & Engenharia
Av. Da Matola, Bairro Fomento Sial, Matola
Email: sedakservice@gmail.com
Telefone: 87 629 5707 | 84 629 5707

Cotação # SK2500126
Data de Emissão: 11 de Abril de 2025
Para:

Projecto:
Local:
Responsável: Emerson Lopes

Tabela de Orçamento

Nº	Descrição	Unidade	Quant.	P. Unitario	Valor (Mzn)
1. Trabalho					
1.1	Aluguer de Equipamento (GNSS RTK completo)	dia	1	3.000,00	3.000,00
2 . Logistica					
2.1	Mobilização	Vg	1	0,00	0,00
2.2	Trasnporte de material	Vg	1	0,00	0,00
2.3	Mão de Obra	Vg	1	0,00	0,00
SUBTOTAL					3.000,00
IVA (16% de SUBTOTAL)					480,00
TOTAL (MZN)					3.480,00
TOTAL (USD 11/04/2025)					53,95

[12] Consultado aos 11 de Abril de 2025

ANEXOS

ANEXO I: Formato e Dimensões dos marcos

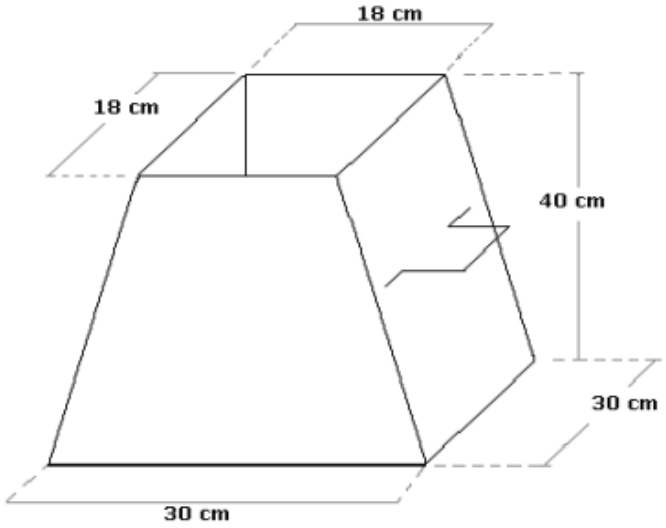
O marco deverá obedecer aos seguintes formato e dimensões:

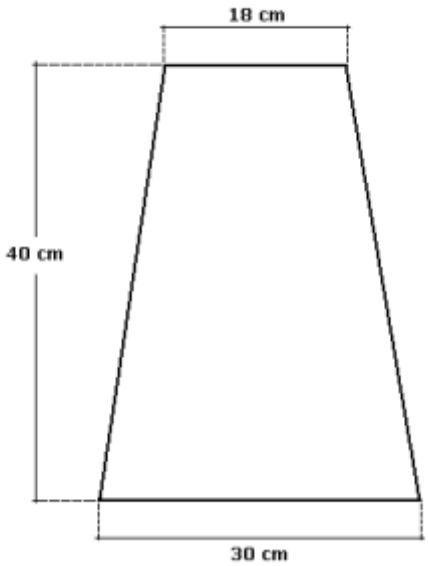
- Formato de tronco de pirâmide.

- Base quadrangular de 30 cm de lado.

- Topo quadrangular de 18 cm de lado.

- Altura 40 cm.



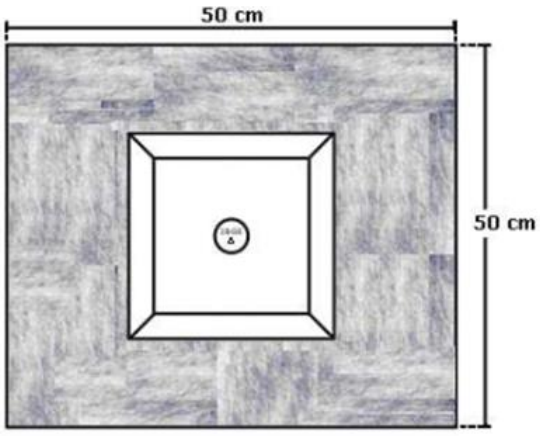


Fonte: IBGE, 2008

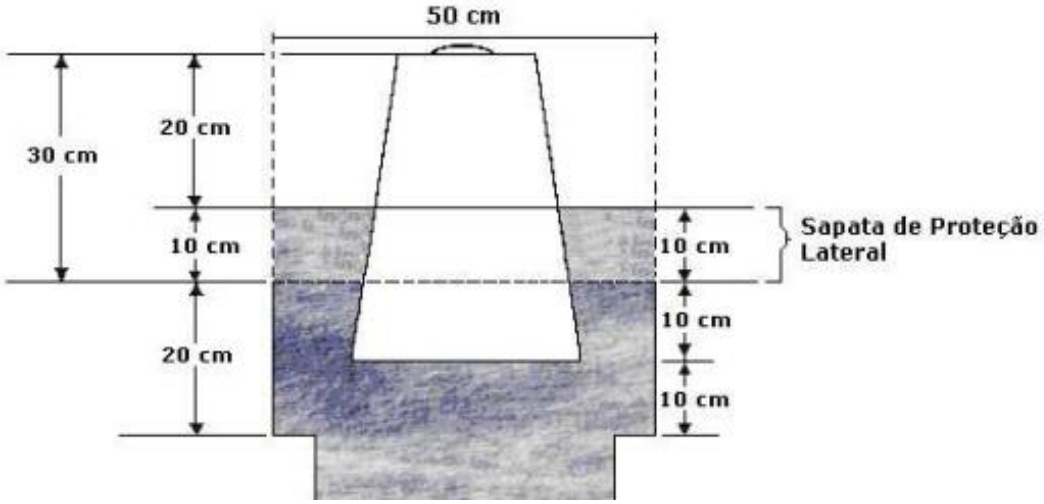
ANEXO II: Plataforma Adicional de Proteção

- A sapata de proteção lateral devera ter dimensões de 50 cm de comprimento por 10 cm de altura.
- Os marcos devem receber a plataforma adicional de proteção construída a 10 cm da sapata de Proteção lateral, utilizando-se a mesma massa com traço 1x3x3. A plataforma terá as dimensões de 20 cm de largura, 20 cm de altura e aflorando 10 cm do solo natural.

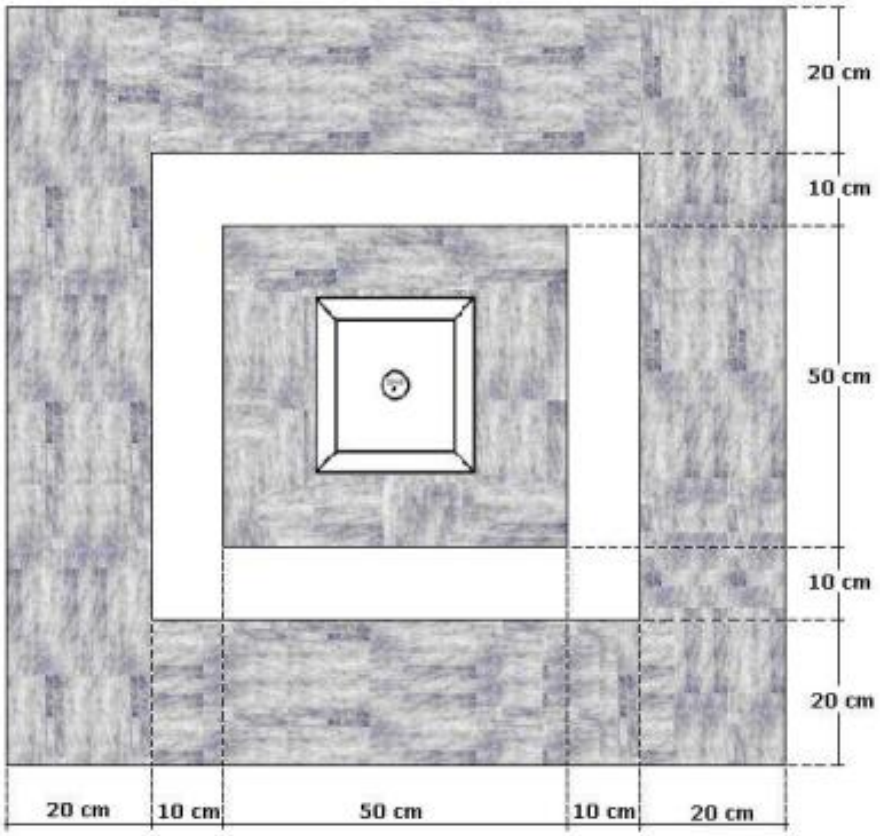
a) Vista superior do marco com as plataformas de proteção lateral



b) Perfil da sapata de proteção lateral



c) Vista superior do marco com as plataformas de proteção lateral e adicional



ANEXO III: Construção e Implantação dos Marcos

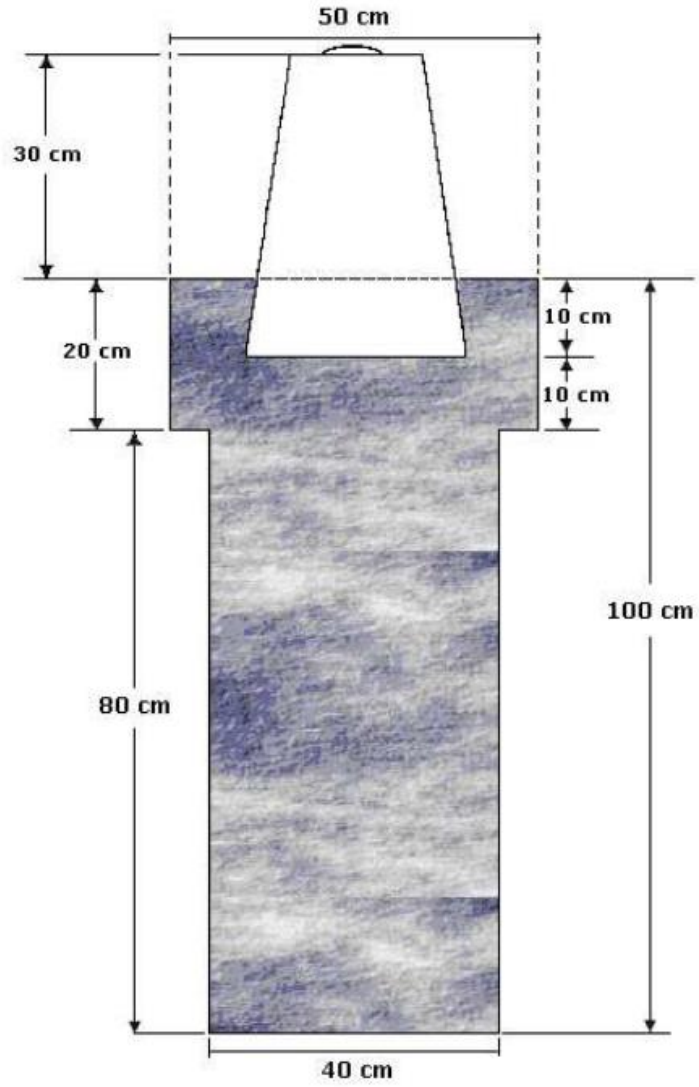
- Adotar o traço da mistura proporcional 1x3x3 (cimento, areia e pedra);
- Recomenda-se, sempre que possível, a utilização de pedra britada n.º 0 (zero) ou 1 (um);

- Abrir uma cava com 50 cm de lado até uma profundidade de 20 cm;

- Reduzir a dimensão do lado da cava para 40 cm, acrescentando à profundidade inicial 80 cm;

- Assentar o marco, preencher o restante da cava com a massa da fundação.

a) Esquema de estabelecimento de marco com a massa da fundação



Fonte: IBGE (2008)